

ვ. ზვიადაური

სამთო საწარმოთა ტრანსპორტის
სპეციალური სახეობები

ვიბრაციული მანქანები
და მოწყობილობები



„ტექნიკური უნივერსიტეტი“

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ვ. ზვიადაური

სამთო საწარმოთა ტრანსპორტის
სპეციალური სახეობები

ვიბრაციული მანქანები და
მოწყობილობები



რეგისტრირებულია სტუ-ს
სარედაქციო-საგამომცემლო საბჭოს
მიერ. 03.04.2013, ოქმი № 2

თბილისი

2013

წარმოდგენილია სამთო საწარმოთა ტრანსპორტის სპეციალური სახეობებისადმი მიძღვნილი მესამე წიგნი.

წიგნში განხილულია სხვადასხვა დანიშნულების, სამთო ტექნოლოგიურ პროცესებში და პრაქტიკაში ფართოდ გამოყენებული ვიბრაციული მანქანები და მოწყობილობები, როგორცაა: ვიბროტრანსპორტიორები, ვიბრომიმწოდებლები, ვიბროშემამჭიდროვებლები, ვიბროსამსხვრეველები, ვიბროწისქვილები, ვიბროტუმბოები, მოწყობილობები ხიმინჯებისა და ნარანდების ჩაფლობისა და გეოლოგიური ბურღვისათვის და ა.შ.; ასევე მანქანები მიწის სამუშაოებისა და ფხვიერი მასალების ჩატვირთვა-განტვირთვისათვის. აღწერილია მათი პრინციპული სქემები და მუშაობის პრინციპები.

წარმოდგენილია აგრეთვე ზოგიერთი, პრაქტიკაში უფრო მეტად გამოყენებული ვიბროამძრავები.

დასაწყისში მოკლედ არის წარმოდგენილი ჰარმონიული რხევის საფუძვლები. ასევე ყურადღება აქვს დათმობილი ფხვიერი მასალების ვიბრაციული გადაადგილების თეორიულ ასპექტებს, მასალისა და მუშა ორგანოს დინამიკურ ურთიერთქმედებას, შემსრულებელი ორგანოს არამუშა (პარაზიტული) რხევების გავლენს ტექნოლოგიური პროცესების მიმდინარეობასა და ინტენსიფიკაციაზე.

წიგნი განკუთვნილია სამთო-გეოლოგიური ფაკულტეტის სამთო ტექნოლოგიების დეპარტამენტის ბაკალავრების, მაგისტრანტების და დოქტორანტებისათვის, ასევე იგი საინტერესო და სასარგებლო იქნება ვიბრაციული ტექნიკის სფეროში მოღვაწე ინჟინრებისა და სპეციალისტებისათვის

რეცენზენტები: სრ. პროფესორი გ. გოგია

სრ. პროფესორი გ. თუმანიშვილი

© საგამომცემლო სახლი “ტექნიკური უნივარსიტეტი” 2013

ISBN 978-9941-20-353-4

<http://www.gtu.ge/publishinghouse>

ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის ნებისმიერი ნაწილის (ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) გამოყენება არცერთი ფორმითა და საშუალებით (ელექტრონული თუ მექანიკური), არ შეიძლება გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.



შ ი ნ ა ა რ ს ი

წინასიტყვაობა	6
1. რხევის თეორიის ელემენტები	8
1.1. თავისუფალი ჰარმონიული რხევები	8
2. ვიბრაციული სატრანსპორტო მანქანები	16
2.1. შესავალი	16
2.2. ვიბრაციული სატრანსპორტო ტექნოლოგიური მანქანების მუშაობის პრინციპი და გამოყენება	17
2.3. ნაწილაკის გადადგილება ჰარმონიულად მერხვე სიბრტყეზე	19
2.4. ვიბრაციული მანქანები სამთო ტექნოლოგიურ პროცესებში	26
2.5. დინამიკური პროცესები ვიბრაციულ მანქანებში	30
2.6. მუშა ორგანოს არამუშა რხევების გავლენა ფხვიერი ტვირთის მოძრაობაზე	34
3. ვიბრაციული მკვებავეები და მაორიენტირებელი მოწყობილობები	44
3.1. შესავალი	44
3.2. დეტალების ორიენტაცია ვიბრაციულ მკვებავეებში	44
3.3. ვიბრაციული ღარი-ტრანსპორტიორები დეტალების ორიენტირებული გადაადგილებისათვის	46
3.4. ვიბრაციული ბუნკერული მკვებავეები და ამწეები	49
4. ვიბრაციული მანქანები ხიმინჯებისა და ძელების ჩაფლობისა და გეოლოგიური ბურღვისათვის	51
4.1. შესავალი	51
4.2. ვიბრაციული ჩაფლობის პროცესის არსი	52

4.3.	ბოძების, სიმინჯების, მიღების და სხვა ელემენტების ჩასაფლობი ვიბრაციული მანქანების სახეები	56
4.4.	ვიბრაციული და დარტყმით-ვიბრაციული მანქანების პარამეტრების გაანგარიშება . . .	59
5.	ვიბრაციული ტუმბოები	61
5.1.	შესავალი	61
5.2.	ვიბროტუმბოების ზოგიერთი სახეები	62
5.3.	ვიბროტუმბოების გაანგარიშება	65
6.	ვიბრაციული მანქანები ფხვიერი მასების დაყოფისათვის	67
6.1.	შესავალი	67
6.2.	ვიბრაციული ცხავეები	68
6.3.	საცრიანი (ცხავიანი) სეპარატორები	71
6.4.	ბრტყელი (დეკიანი) სეპარატორები	72
7.	ვიბრაციული სატკეპნები და შემამჭიდროველები	77
7.1.	შესავალი	77
7.2.	ვიბრაციული საგორავიანი სატკეპნები	78
7.3.	ვიბრაციული სატკეპნები	80
7.4.	დარტყმით-ვიბრაციული გამამკვრიველები მანქანის მუშაობის სქემა	82
8.	ვიბრაციული წისქვილები და სამსხვრეველები	84
8.1.	შესავალი	84
8.2.	ვიბრაციული წისქვილები	84
8.3.	ვიბრაციული სამსხვრეველები	86
9.	მანქანები დეტალების ვიბრაციული დამუშავებისათვის	88
9.1.	შესავალი	88
9.2.	ვიბრაციული დამუშავების ტექნოლოგიური პროცესის არსი	88
9.3.	მანქანების ძირითადი ტიპები ვიბრაციული	

	დანადგარები მუშა კამერების ბრტყელი მოძრაობით	90
10.	ფხვიერი მასების ფიზიკური პროცესების ინტენსიფიკაციის ვიბრაციული აპარატები .	95
10.1.	შესავალი	95
10.2.	ფხვიერი მასალის მდულარე ფენის შექმნის აპარატები.	96
10.3.	სითხისა და სუსპენზიის შემრევი აპარატები	98
11.	ზოგიერთი სხვა ვიბრაციული მოწყობილობები	101
11.1.	გრუნტის დამუშავების და გაფხვიერების მოწყობილობები	101
11.2.	მიწისქვეშა კომუნიკაციების გასაყვანი მოწყობილობები	102
11.3.	ფხვიერი და ნატეხი მასალების განტვირთვის და დატვირთვის მანქანები . .	104
12.	ზოგიერთი სახის ვიბროამგზნებები	107
12.1.	შესავალი	107
12.2.	ცენტრიდანული ვიბროამგზნებები	108
12.3.	ელექტრომაგნიტური ვიბროამგზნებები . . .	113
12.4.	იძულებითი და კინემატიკური ვიბროამგზნებები	117
12.5.	ჰიდრაულიკური ვიბროამგზნებები	120
	ლიტერატურა	123

წინასიტყვაობა

სახელმძღვანელოში განხილულია საკითხები ვიბრაციის სასარგებლო გამოყენების შესახებ, შესაბამისი ვიბრაციული პროცესები, მანქანები და მოწყობილობები. ერთ შემთხვევაში გარკვეული ტექნოლოგიური პროცესები შეიძლება განხორციელდეს იქნან მხოლოდ ვიბრაციის გამოყენების გზით, სხვა შემთხვევაში – ვიბრაციის გამოყენება ახდენს პროცესების მნიშვნელოვან ინტენსიფიკაციას და ხარისხობრივი მაჩვენებლების გაუმჯობესებას. ვიბრაციულ მანქანებს და ტექნოლოგიურ პროცესებს ამჟამად იყენებენ სახალხო მეურნეობის თითქმის ყველა სფეროში.

ძალიან ფართოა ვიბრაციული მანქანების ზომებისა და სიმძლავრეების დიაპაზონი, მრავალფეროვანია მათი დანიშნულება და კონსტრუქციები, განსხვავებულია ვიბრაციის აღზნების მეთოდები და საშუალებები. ვიბრაციული მანქანების კონსტრუქციული სქემები, როგორც წესი, არ არის რთული, მაგრამ მათი წარმატებული მუშაობისათვის აუცილებელია ზუსტად განისაზღვროს მათი ის პარამეტრები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ოპტიმალურ მუშა რეჟიმებს, რაც შესაძლებელია მხოლოდ ვიბრაციული მანქანების და მათ მიერ შესრულებული ტექნოლოგიური პროცესების გამოკვლევის საფუძველზე.

წიგნის მასალის აღქმის გაადვილებისათვის მოკლედ არის წარმოდგენილი მატერიალური ნაწილაკის და ფხვიერი მასალის ვიბრაციული ტრანსპორტირების კვლევის მეთოდები და ზოგიერთი შედეგები.

ვიბრაციული მანქანების დინამიკა ეფუძნება წრფივი და არაწრფივი სისტემების რხევის თეორიას; ამიტომ, ასევე, დასაწყისში მოკლედ არის განხილული მექანიკური რხევების ელემენტები, მანქანის მუშა ორგანოების ვიბრაციების დინამიკური მართვის საკითხები, მათი დაცვა ხმაურისაგან.

ასევე მოყვანილია ვიბრაციული მანქანების და მოწყობილობების მოქმედების პრინციპები, კონსტრუქციული სქემები, პარამეტრების დიაპაზონები, რეკომენდაციები პრინციპული სქემების შერჩევისა და ძირითადი პარამეტრების დადგენის შესახებ.

ვიბრაციული მანქანების და დანადგარების ერთ-ერთი მთავარი შემადგენელი ნაწილია ვიბროამძრავი, ამიტომ წიგნში წარმოდგენილია პრაქტიკაში უფრო მეტად გავრცელებული ვიბროამძრავები (ცენტრიდანული, ელექტრომაგნიტური, კინემატიკური) და მათი მუშაობის პრინციპები.

1. რხევის თეორიის ელემენტები

რხევები წარმოადგენენ მოძრაობის ერთ-ერთ ყველაზე გავრცელებულ სახეობას. რხევითი მოძრაობის თვისებების შესწავლა აუცილებელია მრავალი ფიზიკური და მექანიკური მოვლენების ასახსნელად, მაგრამ განსაკუთრებით დიდია მათი როლი საინჟინრო საქმეში. მანქანების, სატრანსპორტო საშუალებების, ხელსაწყოების და მექანიზმების მოძრაობას ყოველთვის თან სდევს რხევები, ანუ როგორც კიდევ უწოდებენ, ვიბრაციები.

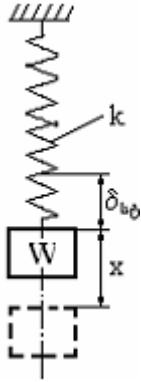
დასაშვები ნორმების ზევით რხევების ინტენსიურობის ზრდა ქმნის კატასტროფის საშიშროებას; რხევების თეორიის ამოცანებში და ტექნიკურ მეცნიერებებში, მათ მრავალფეროვან დანართებში შედის ამ საშიში მოვლენების მიზეზების ჩვენება (მაგალითად, რეზონანსისა) მათთან ბრძოლის გზები და მეთოდები.

რხევებს წარმატებით იყენებენ აგრეთვე როგორც სასარგებლო პროცესს, მაგალითად ვიბრაციულ მანქანებში: კონვეიერებში, სამსხვრეველებში, გამამკვრივებლებში, მადნის გამამდიდრებელ ცხავებში, დოზატორებში და ა.შ.

განვიხილოთ რხევების ზოგიერთი სახე.

1.1. თავისუფალი ჰარმონიული რხევები

უმარტივეს შემთხვევაში რხევითი სისტემის მოძრაობა შეიძლება წარმოვადგინოთ ერთი კოორდინატის სახით; ასეთ მოძრაობას უწოდებენ რხევებს ერთი თავისუფლების ხარისხით.



ნახ. 1.1. თავისუფალი რხევითი სისტემა

განვიხილოთ შემთხვევა, როცა W წონის (ანუ W/g მასის) ტვირთი შეერთებულია წრფივი ხრახნული ზამბარით საყრდენთან (ნახ. 1.1). თუ ჩავთვლით, რომ შესაძლებელია W ტვირთის მხოლოდ ვერტიკალური გადაადგილება, ხოლო ზამბარის მასა მცირეა ტვირთის მასასთან შედარებით, მაშინ ასეთი სისტემა შეიძლება განვიხილოთ როგორც ერთი თავისუფლების ხარისხის მქონე. სისტემის კონფიგურაცია მთლიანად განისაზღვრება x ტვირთის გადაადგილებით წონასწორობის მდგომარეობიდან. როგორც კი ტვირთი მიემარება ზამბარას იგი დებულობს სტატიკურ გადაადგილებას

$$\delta_{st} = \frac{W}{k},$$

სადაც k არის ძალა, რომელიც იწვევს ზამბარის დაგრძელებს ერთეულით და მას უწოდებენ ზამბარის სიხისტეს. თუ წონას გავზომავთ ნიუტონებში (ნ) ხოლო დაგრძელებას მეტრებში (მ),

მაშინ სიხისტის ერთეული იქნება ნ/მ. ხრახნული ცილინდრული ზამბარისათვის n ხვით, D საშუალო დიამეტრით და მავთულის d დიამეტრით ზამბარის სიხისტე განისაზღვრება ფორმულით

$$k = Gd^4 / 8nD^3,$$

სადაც G მავთულის მასალის ძვრის მოდულია.

თუ ტვირთს გამოვიყვანთ წონასწორობის მდგომარეობიდან და შემდეგ გავუშვებთ, აღიძვრება რხევები. რხევებს, რომლებიც შენარჩუნდებიან მხოლოდ ზამბარის დრეკადი ძალებით, უწოდებენ თავისუფალ ან საკუთარ რხევებს.

თუ დადებით მიმართულებად მივიღებთ x გადაადგილებას ქვევით ვერტიკალურად, მაშინ ზამბარაში აღძრული ძალა იქნება $W+kx$. თუ ტვირთის მასაა W/g და აჩქარებას d^2x/dt^2 ავლნიშნავთ \ddot{x} -ით, მაშინ ნიუტონის მეორე კანონის თანახმად შეიძლება მივიღოთ მოძრაობის განტოლება

$$(W/g)\ddot{x} = W - (W + kx).$$

თუ შემოვიტანთ აღნიშვნას

$$p^2 = kg/W = g/\delta_{\text{სტ}} \quad (1.0)$$

მივიღებთ:

$$\ddot{x} + p^2x = 0. \quad (1.1)$$

ამ განტოლების ამონახსნი შეიძლება იყოს $x = c_1 \cos pt$ ან $x = c_2 \sin pt$, სადაც c_1 და c_2

ნებისმიერი მუდმივობა, p - საკუთარი რხევის სიხშირე. ამ კერძო ამონახსნების ჯამი მოგვცემს ზოგად ამონახსნს:

$$x = c_1 \cos pt + c_2 \sin pt . \quad (1.2)$$

ცხადია, რომ W ტვირთის ვერტიკალურ მოძრაობას აქვს რხევითი ხასიათი, რადგან $\cos pt$ და $\sin pt$ ფუნქციები პერიოდულია და ღებულობენ ერთი და იგივე მნიშვნელობებს τ დროის ინტერვალით, ე.ი.

$$p(\tau+t) - pt=2\pi,$$

საიდანაც რხევის პერიოდი

$$\tau=2 \pi/p.$$

(1.0)-ის გათვალისწინებით მივიღებთ

$$\tau = 2\pi\sqrt{W/kg} = 2\pi\sqrt{\delta_{\text{სტ}}/g} . \quad (1.3)$$

წინსვლით-უკუსვლითი მოძრაობების რაოდენობას დროის ერთეულში (ე.ი. ციკლების რაოდენობას წამში) უწოდებენ რხევის სიხშირეს. თუ აღვნიშნავთ სიხშირეს f , მაშინ

$$f=1/\tau=p/2 \pi=\frac{1}{2\pi}\sqrt{kg/W} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{g/\delta_{\text{სტ}}} .$$

რხევით მოძრაობას, რომელიც აღიწერება განტოლება (1.1)-ით ეწოდება მარტივი ჰარმონიული მოძრაობა.

c_1 და c_2 მუდმივების განსაზღვრისათვის საჭიროა განვიხილოთ საწყისი პირობები. დავუშვათ, რომ მოძრაობის საწყის მომენტში ($t = 0$) W ტვირთს აქვს x_0 გადაადგილება წონასწორობის მდგომარეობიდან, ხოლო საწყისი სიჩქარე ტოლია \dot{x}_0 ; $t = 0$ მომენტისთვის (1.2) განტოლება მიიღებს სახეს

$$x = x_0 \cos pt + \frac{\dot{x}_0}{p} \sin pt. \quad (1.4)$$

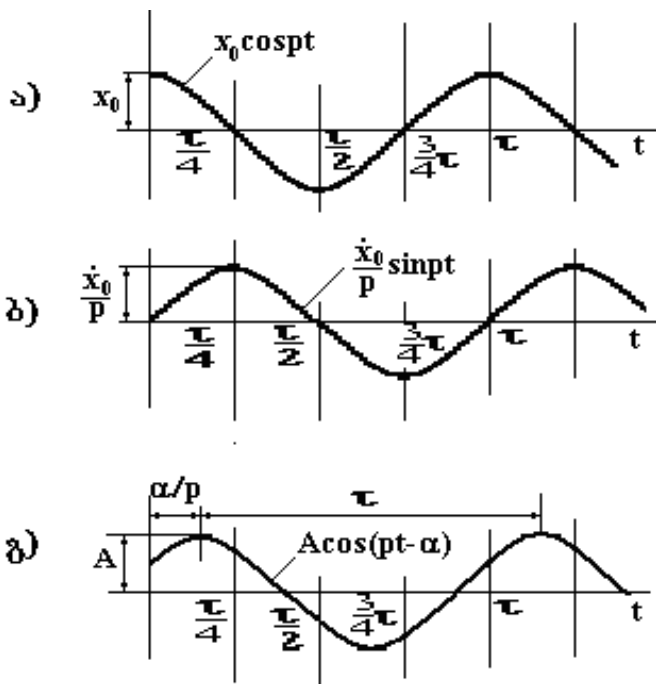
როგორც გამოსახულება (1.4) - დან ჩანს, ამ შემთხვევაში რხევა შედგება ორი ნაწილისაგან: პირველი პროპორციულია $\cos pt$ - სი და დამოკიდებულია საწყისი გადაადგილებისაგან, ხოლო მე-2 პროპორციულია $\sin pt$ -სი და დამოკიდებულია საწყისი სიჩქარისაგან. თითოეული მათგანის გრაფიკული გამოსახულება ნაჩვენებია ნახ. 1.2 ა,ბ-ზე. ტვირთის სრული გადაადგილება x მიიღება პირველი ორი მრუდის ორდინატების შეჯამებით (ნახ. 1.2გ). მუდმივი კოეფიციენტები c_1 და c_2 შეიძლება მეორენაირადაც წარმოვადგინოთ: $c_1 = A \sin \alpha_0$, $c_2 = A \cos \alpha_0$ და ამონახსნი (1.4) მიიღებს სახეს

$$x = A \cos \alpha_0 \sin pt + A \sin \alpha_0 \cos pt,$$

ანუ
$$x = A \sin(pt + \alpha_0). \quad (1.5)$$

თუ ჩავსვამთ (1.5)-ში და სიჩქარის გამოსახულებაში $\dot{x} = A p \cos(pt + \alpha_0)$ მნიშვნელობებს: $t=0$, $x = x_0$, $\dot{x} = \dot{x}_0$, მივიღებთ A და α -ს განსაზღვრისათვის განტოლებებს

$$x_0 = A \sin \alpha_0, \quad \dot{x}_0 = A p \cos \alpha_0,$$



ნახ.1.2. თავისუფალი რხევითი მოძრაობის ოსცილოგრამები

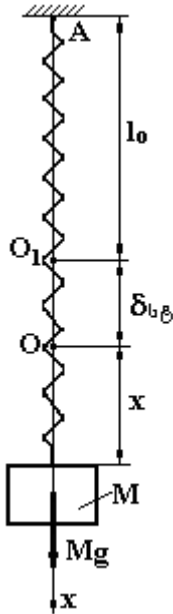
$$\text{სადაც } A = \sqrt{c_1^2 + c_2^2} = \sqrt{x_0^2 + \frac{(\dot{x}_0)^2}{p^2}}; \text{tg } \alpha_0 = kx_0 / \dot{x}_0$$

მაგალითი:

M მასის ტვირთი ჩამოკიდებულია ზამბარაზე, რომლის მასაც, სიმცირის გამო, შეიძლება უგულებელვყოთ. რხევითი მოძრაობის ტვირთზე მოქმედებს ორი ძალა: სიმძიმის ძალა Mg და ზამბარის მიერ განვითარებული დრეკადობის ძალა F . საჭიროა შევადგინოთ მოძრაობის

დიფერენციალური განტოლება. მოვნიშნოთ ნახ. 1. 3 - ზე სამი მდგომარეობა: 1) O_1 - ზამბარის ქვედა ბოლო არადეფორმირებად მდგომარეობაში (l_0 - ზამბარის სიგრძე არადეფორმირებად მდგომარეობაში), 2) O - ზამბარაზე დაკიდებული ტვირთის წონასწორობის მდგომარეობა, M - ტვირთის მდგომარეობა მოძრაობის პროცესში.

აღვნიშნოთ O_1O $\delta_{სტ}$ -ით (ზამბარის სტატიკური დეფორმაცია); მივმართოთ x ღერძი ვერტიკალურად ქვევით და ავირჩიოთ ათვლის დასაწყისად ტვირთის წონასწორობის მდგომარეობა (O წერტილი). ჰუკის



ნახ. 13. თავისუფალი რხევის საანგარიშო მოდელი

კანონის თანახმად, შედარებით მცირე გადაადგილებებისას დრეკადობის ძალის მოდული ზამბარის დეფორმაციის პროპორციულია. ჩვენ შემთხვევაში ზამბარის დეფორმაცია ტოლია

$\delta_{\text{სტ}} + x$, ამიტომ $F = c(\delta_{\text{სტ}} + x)$, სადაც c პროპორციულობის, ანუ ზამბარის სიხისტის კოეფიციენტი.

ცხადია, რომ სიხისტის კოეფიციენტი რიცხობრივად იმ ძალის ტოლია, რომელიც უნდა მოვდოთ ზამბარის ბოლოზე მისი დეფორმაციისათვის სიგრძის ერთეულზე. F ძალის გეგმილი x ღერძზე ტოლია $c(\delta_{\text{სტ}} + x)$. ტვირთის მოძრაობის დიფერენციალურ განტოლებას ექნება სახე:

$$M \ddot{x} = Mg - c(\delta_{\text{სტ}} + x);$$

თუ ტვირთი იმყოფება წონასწორობის

მდგომარეობაში, მაშინ სიმძიმის ძალა Mg წონასწორდება დრეკადობის ძალით, რომელიც წონასწორობის დროს ტოლია $c\delta_{\text{სტ}}$, (რადგან ამ დროს $x=0$), შესაბამისად,

$$Mg = c \delta_{\text{სტ}};$$

მოძრაობის დიფერენციალური განტოლება მიიღებს სახეს:

$$M \ddot{x} = -cx \quad \text{ანუ} \quad \ddot{x} + p^2 x = 0$$

სადაც $p^2 = c/M$. მიღებული დიფერენციალური განტოლება თანხვედბა განტოლებას (1.1)-ს, ამიტომ ზამბარაზე დაკიდებული ტვირთი ასრულებს ჰარმონიულ რხევას p სიხშირით.

მოძრაობის დიფერენციალური განტოლების გამოსახულების სირთულე დამოკიდებულია კოორდინატა სათავის არჩევაზე. მაგალითად, თუ

კოორდინატა სათავედ არჩეულია O_1 წერტილი, მაშინ $F_x = -cx$ და ტვირთის მოძრაობის განტოლება მიიღებს სახეს

$$M \ddot{x} = mg - cx, \quad \text{ანუ} \quad \ddot{x} + p^2 x = g.$$

თუ კოორდინატა სათავეს ავიღებთ ზამბარის უძრავ ბოლოში A , მაშინ $F_x = -c(x - l_0)$ და მოძრაობის დიფერენციალური განტოლება იქნება

$$M \ddot{x} = Mg - c(x - l_0),$$

რომელიც გამარტივების შემდეგ მიიღებს სახეს

$$\ddot{x} + p^2 x = g + p^2 l_0.$$

ამრიგად, ათვლის დასაწყისის რაციონალური არჩევით შეიძლება გამარტივდეს მოძრაობის დიფერენციალური განტოლების ფორმა და შესაბამისად მისი ამოხსნა.

2. ვიბრაციული სატრანსპორტო მანქანები

2.1. შესავალი

ვიბრაციულ მანქანებს ფართოდ იყენებენ ფხვიერი მასალების ტრანსპორტირებისათვის მრეწველობის სხვადასხვა სფეროში. ასევე ფართო განვითარებას პოულობენ სატრანსპორტო-ტექნოლოგიური მანქანები, რომლებიც ტრანსპორტირებასთან ერთად ახორციელებენ გადასაად-

გილებელი ტვირთის ტექნოლოგიურ დამუშავებასაც (შრობა, გაუმტვერიანობა, კლასიფიკაცია, გრანულირება, გაუწყლოება და ა.შ.). ვიბრაციულ სატრანსპორტო მანქანებს განეკუთვნება ვიბრაციული კონვეიერები, ვიბრაციული მკვებავეები და ვიბრაციული მკვებავეებიცხავეები, ასევე ვიბრაციული ამწეები და ვიბრაციული ბუნკერი-დოზატორები. განსაკუთრებით ფართო გამოყენებას პოულობენ ვიბრაციული სატრანსპორტო მანქანები, რომლებიც მუშაობენ სწორხაზოვან ჰარმონიულ რხევით რეჟიმებში. ზოგიერთ კონსტრუქციებში მუშა ორგანოს მოძრაობის ტრაექტორია წარმოადგენს ელიფსს. ელიფსის კონფიგურაცია არსებითად არის დამოკიდებული მდგენელებს შორის ფაზის დაძვრის კუთხეზე და შეიძლება იცვლებოდეს სწორხაზოვანი ფორმიდან წრიულ ფორმამდე.

2.2. ვიბრაციული სატრანსპორტო ტექნოლოგიური მანქანების მუშაობის პრინციპი და გამოყენება

ვიბრაციული სატრანსპორტო-ტექნოლოგიური მანქანები გამოიყენებიან წარმოების სხვადასხვა სფეროში სხვადასხვა მასალისა და ნაკეთობის ტრანსპორტირებისა და დამუშავებისათვის. მოქმედების პრინციპი მდგომარეობს ტვირთის მიმართულ მოძრაობაში ინერციული ძალებისა და ტვირთის ტრანსპორტირების ზედაპირთან ხახუნის ძალების საშუალებით. ვიბრაციული მანქანის მუშა ორგანო, რომელიც შეიძლება იყოს ღარის ფორმის სიბრტყე, მილი და სხვა, ასრულებს ციკლურ მოძრაობას, ხოლო მასზე

მდებარე მასალა ყოველი ციკლის ბოლოს გარკვეული მიმართულებით გადაადგილდება.

მუშა ორგანოს პერიოდული მოძრაობა ხორციელდება ვიბრაციის საშუალებით, რისთვისაც მანქანას აქვს ვიბროამძრავი, რომელიც წარმოქმნის მარტივ ჰარმონიულ ან რთულ კომბინაციურ რხევებს.

მუშა ორგანო ვიბროამძრავთან დაკავშირებულია დრეკადი სისტემით, რომელიც შეიძლება წარმოადგენდეს ზამბარებს, რესორებს, პნევმატიკურ ან ჰიდრავლიკურ ელემენტებს. რხევითი რეჟიმები შეიძლება იყოს რეზონანსული ან არარეზონანსული (იძულებითი). პირველ შემთხვევაში მანქანის კონსტრუქცია ისეა აწყობილი, რომ იძულებითი და საკუთარი რხევების სიხშირე ერთნაირია, ხოლო მეორე შემთხვევაში აღნიშნული სიხშირეები განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან.

იძულებით რხევებზე მომუშავე მანქანების ექსპლუატაცია გაადვილებულია, მაგრამ საჭიროებენ დიდ სიმძლავრეს და გაბარიტებს. რეზონანსული მანქანები სიმძლავრის და გაბარიტების თვალსაზრისით უფრო ეკონომიურია, მაგრამ საჭიროებენ მანქანის ზუსტ აწყობას, რაც გარკვეულ სირთულეს წარმოადგენს.

ვიბრაციული მანქანები შესასრულებელი სამუშაოს ხასიათის, გარე წინააღმდეგობის და მოწყობილობის მიხედვით შეიძლება დაიყოს რამდენიმე თანრიგად: ა) ვიბრაციის გადაცემა თავისუფალ მდგომარეობაში მეოფი სხვადასხვა გარემოსთვის, ფხვიერი მასალებისა და დისპერსიული სისტემებისათვის; ბ) ვიბრაციული ელემენტების შეჭრა გრუნტში, ქანში; გ) ქანების, გრუნტის, ლითონის ვიბროჭრა და ვობრორღვევა; დ)

სხვადასხვა მასალების ვიბრომსხვრევა და ვიბრო-
დაქუცმაცება.

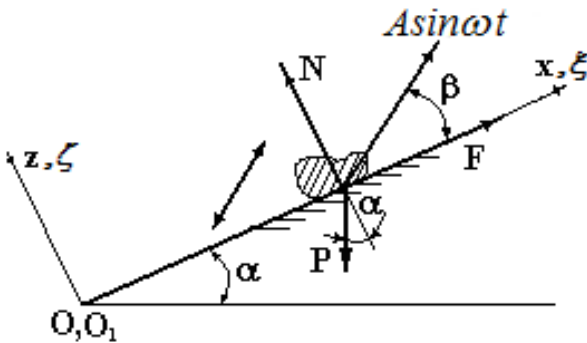
2.3. ნაწილაკის გადადგილება ჰარმონიულად მერხვევ სიბრტყეზე.

განვიხილოთ ჰორიზონტის მიმართ α კუთხით დახრილი სიბრტყე (ნახ. 2. 1), რომელიც ასრულებს ჰარმონიულ რხევებს სიბრტყისადმი β კუთხით.

შემოვიტანოთ მოძრავი კოორდინატთა სისტემა xOz , რომელიც უძრავადაა დაკავშირებული სიბრტყესთან და Ox ღერძი თანხვედება სიბრტყის მიმართულებას. შემოვიტანოთ აგრეთვე უძრავი კოორდინატთა სისტემა $\xi O_1 \zeta$, რომლის ღერძები საწყის მდგომარეობაში თანხვედება xOz სისტემის ღერძებს.

სიბრტყის მოძრაობის გეგმილები უძრავ კოორდინატთა სისტემის ($\xi O_1 \zeta$) ღერძებზე იქნება

$$\xi = A \cos \beta \sin \omega t; \quad \zeta = A \sin \beta \sin \omega t, \quad (2.1)$$



ნახ. 2.1. ნაწილაკის ვიბრაციული მოძრაობა

დახრილ სიბრტყეზე

სადაც A - სიბრტყის რხევის ამპლიტუდა, ხოლო ω რხევის სიხშირეა; α და β კუთხეების ცვლილების ზღვრებია:

$$-\pi/2 \leq \alpha \leq \pi/2; \quad 0 \leq \beta \leq \pi/2. \quad (2.2)$$

განვიხილოთ ვიბრაციულ სიბრტყეზე m მასის მატერიალური წერტილის მოძრაობა (ბრტყელი ნაწილაკი).

მოცემულ ნაწილაკზე მოქმედებენ სიმძიმის ძალა $P = mg$, მშრალი ხახუნის ძალა F და ნორმალური რეაქციის ძალა N ; ამიტომ ნაწილაკის ფარდობითი მოძრაობის განტოლებები მოძრავ კოორდინატთა სისტემაში ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$m \ddot{x} = -m \ddot{\xi} - mg \sin \alpha + F;$$

$$m \ddot{z} = -m \ddot{\eta} - mg \cos \alpha + N.$$

თუ გამოვიყენებთ ტოლობებს (2.1), მივიღებთ

$$m \ddot{x} = mA\omega^2 \cos \beta \sin \omega t - mg \sin \alpha + F;$$

$$m \ddot{z} = mA\omega^2 \sin \beta \sin \omega t - mg \cos \alpha + N. \quad (2.3)$$

როდესაც ნაწილაკი გადაადგილდება სიბრტყეზე, $z = 0$, ხოლო ხახუნის ძალა განისაზღვრება ფარდობებით

$$F = \begin{cases} -fN, & \text{როცა } \dot{x} > 0; \\ +fN, & \text{როცა } \dot{x} < 0, \end{cases} \quad (2. 4)$$

სადაც f – სრიალის ხახუნის კოეფიციენტი. აღნიშნული პირობის დროს ($z = 0$), ნორმალური რეაქცია $N = N(t)$ განისაზღვრება (2. 3) - დან

$$N = N(t) = mg \cos \alpha - mA\omega^2 \sin \beta \sin \omega t \quad (2. 5)$$

ნაწილაკი ვიბრაციულ სიბრტყეს არ მოწყდება მხოლოდ N –ის დადებითი მნიშვნელობისათვის. ეს პირობა (2.5) გამოსახულებიდან გვაძლევს შემდეგ თანაფარდობას

$$\sin \omega t < \frac{g \cos \alpha}{A\omega^2 \sin \beta} = z_0 \quad (2. 6)$$

ნაწილაკის ფარდობითი უძრაობის დროს, როდესაც $\dot{x} = 0$, $z = 0$, მშრალი ხახუნის ძალა და მისი მნიშვნელობა განისაზღვრება (2. 3) სისტემის პირველი განტოლებიდან

$$F_0 = F_0(t) = mg \sin \alpha - mA\omega^2 \cos \beta \sin \omega t. \quad (2. 7)$$

ნაწილაკი ფარდობით უძრაობაში დარჩება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ხახუნის ძალა (2.7) აბსოლუტური მნიშვნელობით არ აღემატება სტატიკური ხახუნის ძალის ზღვრულ მნიშვნელობას

$$F_{\max} = f_1 N,$$

სადაც f_1 -უძრავობის ხახუნის კოეფიციენტი). ეს პირობა შეიძლება ასე ჩაიწეროს

$$-f_1 N(t) < F_0(t) < f_1 N(t);$$

თუ ჩავსვამთ ხახუნის ძალის (2.4) გამოსახულებას (2.3)-ის პირველ განტოლებაში და გავითვალისწინებთ (2.5)-ს მივიღებთ ნაწილაკის მოძრაობის განტოლებას ვიბრაციულ სიბრტყეზე

$$\ddot{x} = -g \frac{\sin(\alpha \pm \rho)}{\cos \rho} + A\omega^2 \frac{\cos(\beta \mp \rho)}{\cos \rho} \sin \omega t. \quad (2.8)$$

აქ $\rho = \arctg f$ აღნიშნულია სრიალის ხახუნის კუთხე; ზედა ნიშნები შეესაბამებიან ნაწილაკების სრიალს წინ ($x > 0$), ქვედა ნიშნები - სრიალს უკან ($x < 0$).

განტოლება (2.8) სამართლიანია მხოლოდ, როცა $z \equiv 0$ და $x \neq 0$, ე.ი. დროის იმ მომენტში, როცა ნაწილაკი სრიალებს სიბრტყეზე მისგან მოუწყვეტლად. (2.5) და (2.6) ფარდობებიდან გამომდინარეობს, რომ როდესაც დაცულია პირობა

$$z_0 = \frac{g}{A\omega^2} \frac{\cos \alpha}{\sin \beta} \geq 1 \quad (2.9)$$

ნორმალური რეაქცია $N(t)$ დროის ნებისმიერ მომენტში დადებითია და ნაწილაკი რჩება

სიბრტყეზე; თუ (2.9) პირობა არ არის შესრულებული ე.ი. $z_0 < 0$, მაშინ განტოლებიდან

$$\sin \omega t_0 = z_0 \quad (2.10)$$

გამოითვლება დროის ის t_0 მომენტი, როდესაც ნორმალური რეაქცია $N(t)$ გახდება ნოლის ტოლი და ნაწილაკი მოწყდება სიბრტყეს (დაიწყება ფრენის სტადია).

ნაწილაკის სიბრტყის მიმართ ფრენის დიფერენციალური განტოლებები მიიღება (2.3)-დან, როდესაც $F = N = 0$

$$\begin{cases} \ddot{x} = A\omega^2 \cos \beta \sin \omega t - g \sin \alpha, \\ \ddot{z} = A\omega^2 \sin \beta \sin \omega t - g \cos \alpha. \end{cases} \quad (2.11)$$

ნაწილაკის გადაადგილებისას ფრენის რეჟიმებში აღგილი აქვს შეჯახებას სიბრტყესა და ნაწილაკს შორის, რის შემდეგ იცვლება \dot{x} და \dot{z} სიჩქარეები; ამიტომ განტოლებების პრაქტიკული გამოყენებისათვის წინასწარ საჭიროა სიჩქარის გრძივი და განივი შემდგენების ცვალებადობის კანონების განსაზღვრა დარტყმის შემდეგ, ე.ი. სიჩქარეების აღდგენის კოეფიციენტების განსაზღვრა [1, 3].

ნაწილაკების ვიბრაციული გადაადგილების პროცესების შესწავლისას მნიშვნელობა ენიჭება მასალის ფორმასა და ფიზიკურ თვისებებს, მუშა ორგანოს ზედაპირის სიმქისეს, ჰაერის წინაღობას და სხვა ფაქტორებს [4].

საწარმოო დანიშნულების მიხედვით ვიბრაციული მანქანები შეიძლება დაიყოს: სატრანსპორტო, სატრანსპორტო-ტექნოლოგიური, ჩამტვირთავი, ბუნკერული; მანქანები მსხვრევისათვის, დაქუცმაცებისათვის, ფხვიერი და მრავალფაზური მასიური მასალების დაყოფისათვის – ცხავეები, საცრები; მრავალფაზური მასალების შერევისათვის – ბეტონი, საკვები მასალები და ა.შ.; მასალების ჭრისა და ქანების რღვევისათვის.

მადნის საბადოების მიწისქვეშა დამუშავებისას ვიბროსატრანსპორტო მანქანები გამოიყენებიან ისეთი ძირითადი სამუშაოებისათვის, როგორცაა მადნის ჩამოშვება (ჩამოტვირთვა) ხვრელებიდან, აფეთქებული მადნის გამოზიდვა და ჩატვირთვა. ამასთან, არსებითად იზრდება ამ პროცესების მწარმოებლობა, იზრდება მუშაობის უსაფრთხოება, უმჯობესდება მადნის ხარისხი და ადვილდება არაგაბარიტული ნაჭრების განცალკევება (დაყოფა).

რღვევისა და დაქუცმაცებისათვის, გრუნტებისა და სამთო ქანების ჭრისათვის გამოიყენებას პოულბენ სამსხვრეველები, რანდები (სამთო), ექსკავატორების ციცხვები ვიბრაციული კბილებით, სახვრეტელები, სოლები, ჩამტვირთავები, უროები, საბურღი დანადგარები.

ვიბრაციული მოწყობილობები გამოიყენებიან მეტალურგიაში სხმულის ხარისხის გაუმჯობესებისათვის, ლითონის წნევით დამუშავებისათვის (ვიბრაციული დაპრესვა, ადიღვა, გლინვა).

დამხმარე ვიბრაციულ მოწყობილობებს განეკუთვნებიან: დოზატორები, ბუნკერების და ღარების ამგზნებები, ფხვიერი ტვირთებისა და სხვადასხვა ტექნოლოგიური ნარევის შემამჭიდროველები (გამამკვრივებლები), სარკინიგზო

ვაგონების განმტვირთველები, სატვირთო ვაგონებისა და სამადნე ვაგონების, ასევე კონვეიერული ლენტების გამასუფთავებლები.

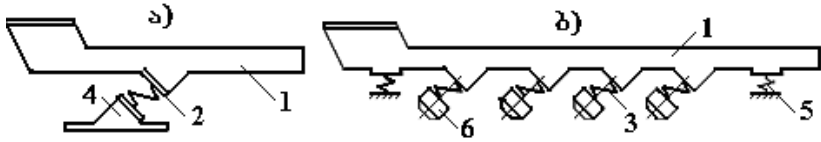
ვიბრაციულ მანქანაში მნიშვნელოვან როლს წარმოადგენს ვიბროაღმგზნები (ვიბრატორი).

ვიბროაღმგზნები გადასცემს მოძრაობას რხევით სისტემას და ქმნის აღმგზნებ ძალებს, რომელიც აუცილებელია შინაგანი და გარეგანი წინააღმდეგობების გადასალახავად. განიხილავენ ვიბროაღმგზნებების შემდეგ ძირითად ტიპებს: ინერციული, ექსცენტრიკული, ელექტრომაგნიტური, პიდრავლიკური, პნევმატიკური. მოქმედების ხასიათის მიხედვით ვიბროაღმგზნებები შეიძლება დაიყოს: ძალური, კინემატიკური, დარტყმითი [1].

ვიბრაციული სატრანსპორტო მანქანები ფართოდ გამოიყენებიან ფხვიერი და ცალობითი ტვირთების გადაადგილებისათვის წარმოების სხვადასხვა სფეროში. ასევე არანაკლები განვითარება აქვს სატრანსპორტო-ტექნოლოგიურ მანქანებს, რომლებიც ტრანსპორტირებასთან ერთად ახორციელებენ ტექნოლოგიურ დამუშავებას (შრობა გაუმტვერულება, კლასიფიკაცია, გრანულირება, გაუწყლოება და ა.შ.). ნახ. 2.4-ზე წარმოდგენილია ორმასიანი და მრავალმასიანი ელექტრომაგნიტური ვიბრაციული სატრანსპორტო მანქანების სქემები.

ორმასიანი მანქანის (ნახ. 2.4ა) ძირითადი კვანძებია: ტვირთის გადამტანი ორგანო 1, რომელთანაც მიმაგრებულია ელექტრომაგნიტური ვიბროამძრავი აქტიური 2 და რეაქტიული 4 ნაწილებით და მათში ჩაშენებული დრეკადი კავშირებით 3.

ნახ. 2.4 ბ - ზე წარმოდგენილ მრავალამძრავიან



ნახ. 2.4. ა,ბ. ორ- და მრავალმასიანი ვიბრაციული სატრანსპორტო მანქანები

და მრავალმასიან მანქანას აქვს ტვირთის გადამტანი ორგანო 1, რომელზედაც დამაგრებულია რამდენიმე ელექტრომაგნიტური ვიბროამპრავი 6, დრეკადი კავშირებით 3; საყრდენი კონსტრუქციებისგან მანქანის იზოლაცია ხდება ამორტიზატორებით 5.

2.4. ვიბრაციული მანქანები სამთო ტექნოლოგიურ პროცესებში

მძლავრი, ვიბრაციული სატრანსპორტო-ტექნოლოგიური მანქანები (ვსტმ) დახრილი და ჰორიზონტალური მუშა ზედაპირებით ფართოდ გამოიყენებიან გამონგრეული სამთო მასების ჩამოშვებისა და გამოზიდვისათვის სასარგებლო წიაღისეულის საბადოების მიწისქვეშა დამუშავებისას; მათი საშუალებით არსებითად მცირდება სამთო სამუშაოების შრომატევადობა, აღმოიფხვრება მადნის ჩაკიდება და მისი განმეორებითი მსხვრევის და გვირაბის შემდგომი განიავების აუცილებლობა; იზრდება მადაროებში სამთო სამუშაოების უსაფრთხოება.

მადნის საბადოს მიწისქვეშა დამუშავების ეფექტურობის ზრდა შეიძლება მიღწეულ იქნას აგრეთვე მადნის ჩამოშვებისა და გამოზიდვის

ნაკადური ტექნოლოგიის შექმნით გამწმენდი ბლოკის ფარგლებში შემდეგი სქემით: “ვიბრომიმწოდებელი – გამომზიდავი ვიბროკონვეიერი – ჩამტვირთავი ვიბრომიმწოდებელი – ვაგონი [5]. ასეთი ტექნოლოგიური სქემის გამოყენებით გამოშვება-გამოზიდვის მწარმოებლობა მნიშვნელოვნად იზრდება, ხოლო მადნის თვითღირებულება სკრეპერულ გამოზიდვასთან შედარებით მცირდება.

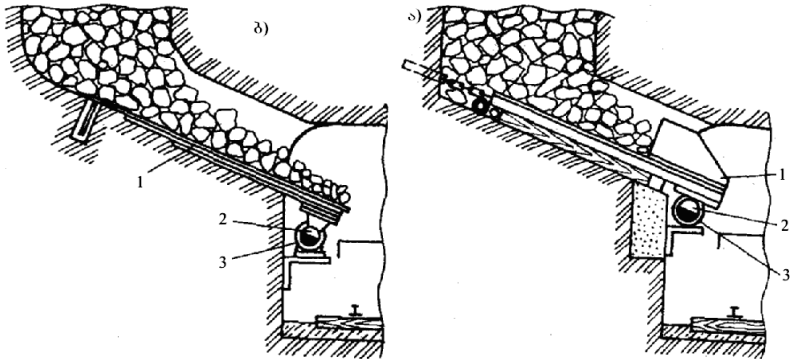
ამჟამად შექმნილია სხვადასხვა ტიპის ვიბრაციული მიმწოდებლები, ბაქნები, კონვეიერები, აგრეთვე მათი კომპლექსები, რომლებიც მათი სამთო მასებზე ზემოქმედების სახისა და ფუნქციონირების პირობების მიხედვით შეიძლება დაიყოს შემდეგ ჯგუფებად:

1) ვსტმ, რომლებშიც ვიბრაცია გამოიყენება მხოლოდ შიგა ხახუნის შესამცირებლად ფხვიერ მასებში, მისი გამოდინების პირობების გასაუმჯობესებლად და თვითდინების კუთხის შესამცირებლად – ვიბრობაქნები და ვიბროლენტები (ნახ. 2.5 ა, ბ: 1 - მუშა ორგანო, 2 - ვიბროამძრავი, 3 - ელექტროძრავი); 2) ვსტმ, რომლებშიც ვიბრაცია არა მარტო ამცირებს შიგა ხახუნის ძალებს გამოდინებისას, აგრეთვე უზრუნველყოფს გამოშვებული სამთო მასების იძულებით ვიბროგადაადგილებას მუშა ორგანოზე – ვიბრომიმწოდებლები, ვიბროლუკები (ნახ. 2.6ა,ბ: 1- მუშა ორგანო; 2- ვიბროამძრავი; 3- ელექტროძრავი; 4- დრეკადი ელემენტები; 5- საყრდენი ჩარჩო; 6- რესორები; 7- გამაწონასწორებელი ჩარჩო); 3) ვსტმ, რომლებშიც ვიბრაცია უზრუნველყოფს გვირაბში სამთო მასების ფენების იძულებით მიმართულ გადაადგილებას – გამომზიდავი ვიბროკონვეიერები

(ნახ. 2.7 - მიწისქვეშა სამუშაოების ვსტ ხაზის პრინციპული სქემა: I - ვიბრობაქანი; II - ვიბრო-მკვებავი; III- გადამზიდი ვიბროკონვეიერი; IV- ვიბროსაცერი; V- ვიბროლუკი.).

ვსტმ-ის პირველი ორი ჯგუფის განმასხვავებელ თავისებურებას წარმოადგენს მათი მუშაობა ფხვიერი ტვირთის ჩამონაქცევი სვეტის ქვეშ. ამასთან მუშა ორგანო ჩამონაქცევის ზონაში განიცდის დაწნევას 45 - 60 კპა-ის ფარგლებში.

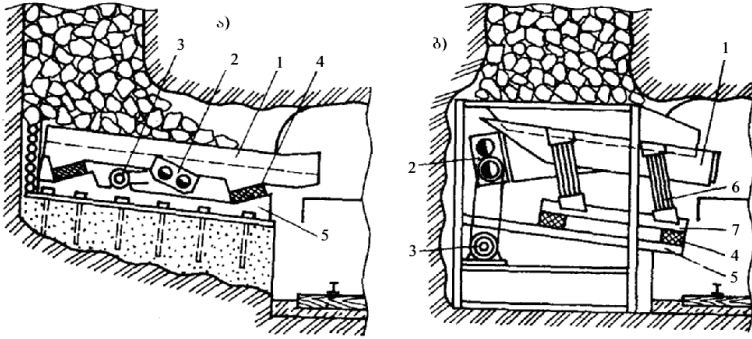
ვიბრაციული მიმწოდებლები (მკვებავეები) ასევე ფართოდ გამოიყენებიან ბუნკერქვეშა



ნახ. 2.5. ვიბრაციული ტექნოლოგიური ხაზის ფრაგმენტები

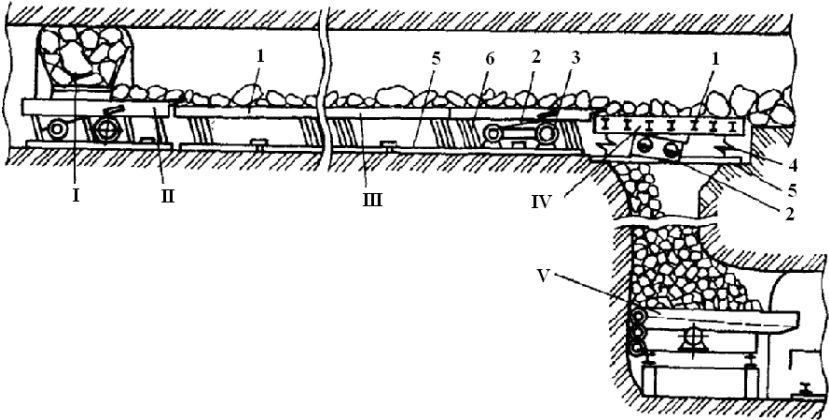
მოწყობილობის სახით მრეწველობის სხვადასხვა სფეროებში ფხვიერი ტვირთის გამოშვებისათვის.

მე-3 ჯგუფის ვსტმ-ში მისი ჰორიზონტალური ან დახრილი დაყენებით ხდება რეგულარული



ნახ. 2.6. ვიბრაციული ტექნოლოგიური ხაზის ფრაგმენტები

ვიბროგადაადგილებს მიკროგადასროლებით, რეჟიმების რაც განაპირობებს რეალიზაცია განაპირობებს



ნახ. 2.7. ვიბრაციული ტექნოლოგიური ხაზი

ინტენსიურ, დინამიკურ ურთიერთმოქმედებას ფენებსა და მუშა ორგანოს ზედაპირს შორის.

დინამიკური სქემის ტიპის მიხედვით განხილული ვსტმ მიწისქვეშა სამთო სამუშაოებისათვის იყოფა

ერთმასიანად (ნახ. 2.5 ა,ბ; ნახ. 2.6ა; ნახ. 2.7) და ორმასიანად (ნახ. 2.6 ბ).

დრეკადი სისტემის სახით გამოიყენებიან რეზინის და რეზინმეტალის ელემენტები, აგრეთვე რესორების პაკეტები.

ვიბროამძრავების სახით ძირითადად გამოიყენებიან ინერციული დებალანსური ან თვითბალანსური ვიბროამგზნებები. გადამზიდ ვიბროკონვეიერებში გამოიყენებიან აგრეთვე ექსცენტრიკული და პნევმატიკური ვიბროამგზნებები.

აღნიშნული მსტმ-ის მუშა ორგანოები პირობითად შეიძლება დაიყოს: ხისტად და დრეკადად. სტრუქტურულად ანალოგიური მძლავრი ერთმასიანი ვიბრომიმწოდებლები და ცხავი-მიმწოდებლები 3-4 ათასი ტ/სთ მწარმოებლობით გამოიყენებიან სამთო მასების ტრანსპორტირებისა და კლასიფიკაციისათვის (დახარისხებისათვის) სამთო საწარმოებში, რომლებიც ახორციელებენ სასარგებლო წიაღისეულის საბადოს ღია დამუშავებას.

2.5. დინამიკური პროცესები ვიბრაციულ მანქანებში.

ვიბრაციული მანქანა მუშაობის ხასიათით შეიძლება დაიყოს შემდეგ საკვანძო მდგენელებად: შემსრულებელი (მუშა) ორგანო, ვიბროამგზნები (ვიბროამძრავი), ტექნოლოგიური დატვირთვა (დასამუშავებელი მასალა). მდგენელები როგორც სტატიკურ, ისე დინამიკურ მდგომარეობაში დაკავშირებული არიან ერთმანეთთან. ვიბროამძრავის ან შემსრულებელი ორგანოს მოძრაობის დარღვევა (გადახრა კანონზომიერებიდან)

იწვევს მთელი სისტემის მოძრაობის (მუშა პროცესის) კანონზომიერების დარღვევას..

ვიბრაცია შემსრულებელ ორგანოს გადაცემა დრეკადი ელემენტებით, რომელთა სწორ მოძრაობაზე ბევრად არის დამოკიდებული მუშა ორგანოს ზუსტი მუშაობა. დრეკადი ელემენტები (განსაკუთრებით ზამბარები) ხასიათდებიან სივრცითი ტოლსიხისტეებით და სივრცეში რხევის უნარით მათზე დამაგრებულ მასებთან ერთად, მაშინაც კი, როდესაც მათზე მოდებულა ერთი მიმართულების ძალები. ჩვეულებრივად ასეთი რხევები მცირეა, მაგრამ ზოგიერთ შემთხვევაში შეიძლება მოხდეს მათი ზრდა და დაირღვეს მუშაობის ნორმალური რეჟიმი. ამიტომ დიდი მნიშვნელობა ენიჭება განზოგადებული სივრცითი დინამიკური მოდელების დამუშავებას და გამოკვლევას [3].

ნახ.2.8 -ზე მოცემული სქემა წარმოადგენს ორმასიანი ვიბრაციული მანქანის ზოგად სივრცით სქემას, სადაც m და m_1 აქტიური და რეაქტიული მასებია, ხოლო m_2 – გადასაადგილებელი ტვირთის მასა, ე.ი. შეიძლება განვიხილოთ როგორც სამმასიანი რხევითი სისტემა; ძირითადი დრეკადი სისტემა 1 გადასცემს რხევას ვიბროამპრავიდან მუშა ორგანოს; 2 არის პირობითი დრეკადი სისტემა, რომელიც აღწერს ფხვიერი მასალის შიგა ფენებს და ნაწილაკებს შორის, ასევე მუშა ზედაპირებთან მათ ურთიერთქმედებას; 3 არის ამორტიზატორები ვიბრომანქანის საყრდენებთან იზოლირებისათვის. m, m_1, m_2 , მასების მოძრაობა განიხილება $Oxyz$ უძრავ კოორდინატთა სისტემის მიმართ; ამავე დროს, მასა m_2 (ტვირთი) ახორციელებს ფარდობით მოძრაობას მუშა ორგანოს ანუ $O_1x_1y_1z_1$ კოორდინატთა სისტემის მიმართ; α და β არიან მუშა ორგანოს დახრის და

ვიბრაციის გადაცემის კუთხეები შესაბამისად. განსაკუთრებულ რგოლს წარმოადგენს m_2 მასა (ტვირთი), რომელიც დაკავშირებული m_1 მასასთან (მუშა ორგანო) ცალმხრივი დრეკადი კავშირებით (წერტილი A); იგი ახორციელებს მოძრაობას m_1 მასის ინერციის გადატანითი ძალებით და ამიტომ მისი მოძრაობის ხასიათი მთლიანად განპირობებულია m_1 მასის მოძრაობის ხასიათით; თავის მხრივ, m_1 მასის მოძრაობის ხასიათზე გავლენას ახდენს m_2 მასის მოძრაობა, რომლის წნევა მუშა ორგანოზე ზოგჯერ შეიძლება Q აღმგზნები ძალის თანაზომვადიც გახდეს.

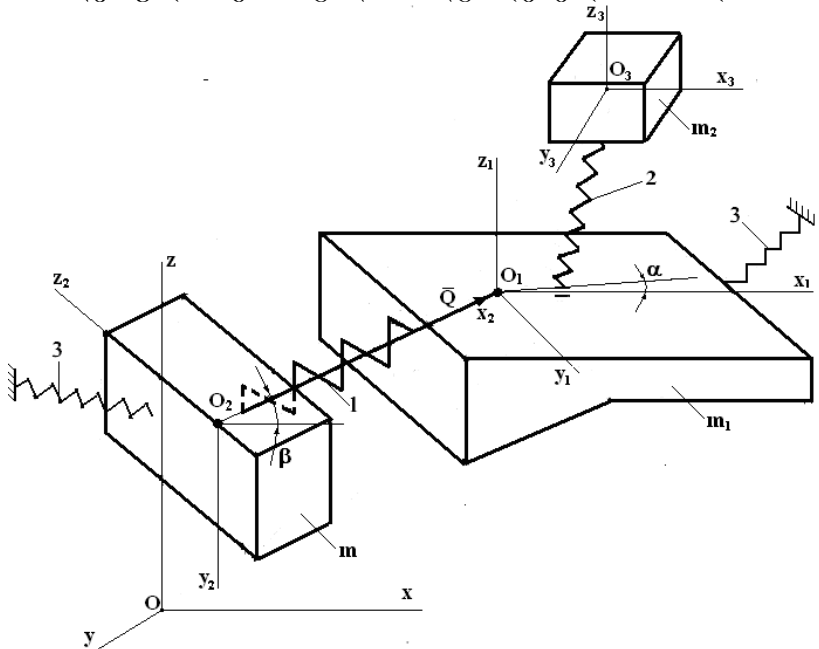
ურთიერთქმედებისა და კავშირების საფუძველზე ერთი მასის დინამიკური მდგომარეობის ცვლილება უშუალოდ არის დაკავშირებული მეორე მასის ცვალებადობასთან და შესაბამისად, ერთ-ერთი მათგანის რხევა სივრცეში გამოიწვევს მთელი სისტემის შესაბამის მოძრაობას.

ნახ. 2.8-ზე წარმოდგენილი სამმასიანი სისტემის, ანუ დატვირთული ვიბრაციული სატრანსპორტო-ტექნოლოგიური მანქანის დინამიკური მდგომარეობა აღიწერება აღმგზნები, ინერციული, დრეკადი და წინააღმდეგობის ძალების ურთიერთკავშირით, რაც შეიძლება დალაშქერის პრინციპის საფუძველზე შემდგენიარად გამოისახოს

$$J_{m_q} + J_{m_1q} + J_{m_2q} + P_1 + P_2 + P_3 + Q_1 + Q_2 + Q_3 + F_{fr} = F_{exc}, \quad (2.12)$$

სადაც J_{m_q} , J_{m_1q} , J_{m_2q} - m_1 , m_1 , m_2 მასების ინერციული ძალებია q დერძების მიმართ ($q = x_1, x_2, x_3, y_1, y_2, y_3, z_1, z_2, z_3$), P_1, P_2, P_3 - 1, 2, 3

დრეკადი ელემენტების დრეკადობის ძალები; Q_1, Q_2, Q_3 - იგივე ელემენტების წინააღმდეგობის ძალები; $F_{b\text{sb}}$ - ხახუნის ძალა; F_{exc} - ვიბროამძრავის აღმგზნები ძალა. მასის m_2 მოძრაობის ფორმები (გრძივი მიმართულებით, სიბრტყეში, სივრცეში) განისაზღვრება m და m_1 მასების მოძრაობის ფორმებისაგან დამოკიდებულებით (სწორხაზოვანი, ბრუნვითი, სიბრტყეში, სივრცეში). განტოლების (2.12) გაშლა ანალიზური ფორმით მოყვანილია [3] - ში. აქვე არის ამოხსნის კომპიუტერული პროგრამა; მათი საშუალებით შესაძლებელია გამოკვლეული და განსაზღვრული იქნას გადასაადგილებელი მასალის



ნახ. 2.8. სამმასიანი ვიბრაციული სატრანსპორტო-ტექნოლოგიური მანქანის სივრცითი მოდელი

მოძრაობის დამოკიდებულება სისტემის “ვიბროამძრავი – მუშა ორგანო – ტექნოლოგიური ტვირთი” ნებისმიერი პარამეტრის (კონსტრუქციული, დინამიკური) ცვლილებისაგან; ამასთან, იმის მიხედვით, თუ მანქანის სივრცითი მოძრაობის რომელი მიმართულებაა მნიშვნელოვანი (მასალის მოძრაობაზე გავლენის მიხედვით), ზოგიერთი საკოორდინატო ღერძის მიმართულებით მოძრაობა შეიძლება უგულებელყოფილ იქნას და განტოლებათა სისტემამ მიიღოს გამარტივებული ფორმა.

2.6. მუშა ორგანოს არამუშა რხევების გავლენა ფხვიერი ტვირთის მოძრაობაზე.

ზამბარებზე დაკიდებულ რხევით სისტემებს მთავარი რხევების გარდა ყოველთვის თან სდევნ როგორც ხაზოვანი, ისე ბრუნვითი ხასიათის სივრცითი რხევები. ეს განპირობებულია დრეკადი ელემენტების სპეციფიკით – განახორციელონ რხევები არა მარტო ძალის მოქმედების, არამედ სხვა მიმართულებებითაც [3]. გარდა ამისა, მანქანის კონსტრუქციული ელემენტების და კვანძების დამზადებისა და მონტაჟის ცდომილებებისა და გადახრების შედეგად, ფორმირდება ჯამური გადახრების ორი მიმართულება, რომელთა დახმარებითაც უნდა მოხდეს რხევითი სისტემის საანგარიშო (თეორიული) სივრცითი მოდელის კორექტირება; ეს მიმართულებებია: 1) შესაბამის მასებთან (მანქანის ნაწილებთან) უძრავად დაკავშირებული კოორდინატთა ღერძების გადახრა

საანგარიშო (ნომინალური) მდგომარეობიდან, 2) აღმგზნები ძალის გადახრა საპროექტო მიმართულებიდან.

განვიხილოთ ამ თვალსაზრისით ვიბრაციული რეზონანსული მანქანის (ნახ. 2.8) და შესაბამისი სივრცითი დინამიკური მოდელის (ნახ. 2.9) მოძრაობა (ნახ.2.9-ზე, 2.8-ისგან განსხვავებით განხილულია ორი მასა – მუშა ორგანო – m_1 და ტვირთი - m_2).

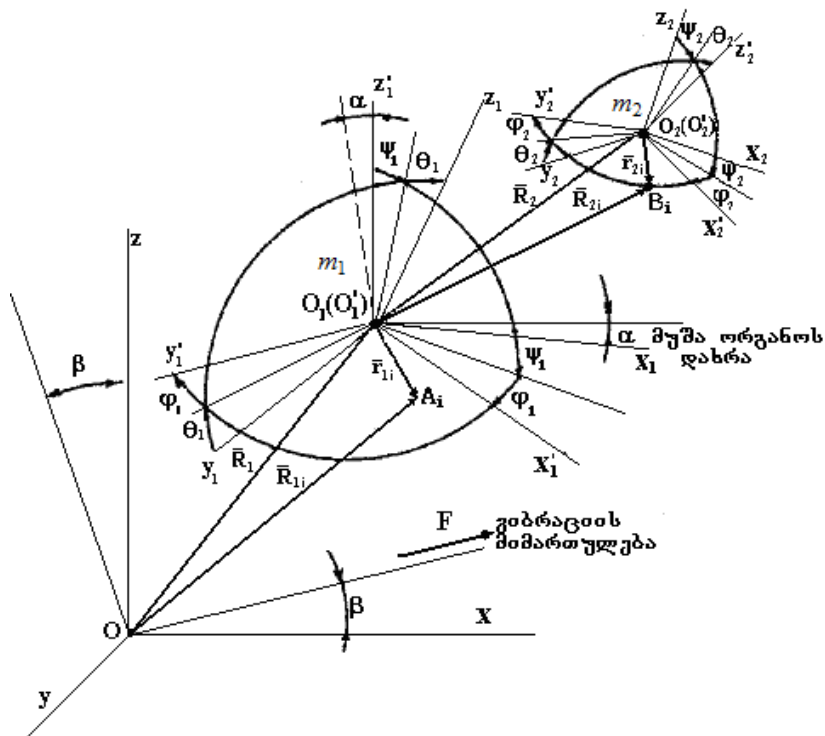
ამ მოდელის საფუძველზე მიიღებინ m_1 და m_2 მასების ურთიერთდაკავშირებული მოძრაობის განტოლებები ინერციული და დრეკადი ხასიათის არაწრფივი წვერებით, იმის მიხედვით, თუ რა მიახლოებით აიღება ეილერის კუთხეებით გამოხატული მიმართველი კოსინუსები (წრფივით ან გარკვეული რიგის არაწრფივით [3]).

ხაზოვანი და ბრუნვითი მოძრაობის განტოლებები მიიღებინ კინეტიკური ენერჯის გამოსახულებებში m_1 და m_2 მასების თავისუფალი წერტილების (A_i, B_i) სიჩქარეების ჩასმით, ამასთან m_1 ახორციელებს გადატანით, ხოლო m_2 ფარდობით მოძრაობას [3]. აღნიშნული წერტილების სიჩქარეების ვექტორულ გამოსახულებებს აქვთ სახე

$$V_{A_i} = V_{O_1} + \omega_{O_1} \times r_{1i} ;$$

$$V_{B_i} = V_{O_1} + \omega_{O_1} \times R_{2i} + V_{O_2} + \omega_{O_2} \times r_{2i} , \quad (2.13)$$

სადაც $V_{A_i} - A_i$ წერტილის ვექტორული ხაზოვანი სიჩქარე, $V_{O_1} - O_1$ წერტილის ვექტორული ხაზოვანი სიჩქარე, $\omega_{O_1} - m_1$ მასის კუთხური სიჩქარე O_1 ცენტრის მიმართ. ანალოგიური განმარტებები აქვს



ნახ. 2.9. ორმასიანი რხევითი სისტემის-
 ვიბრაციული მანქანის ანალოგის სივრცეში
 მოძრაობის დინამიკური მოდელი (შედარ. ნახ. 2.8)

V_{B_i} სიჩქარის მდგენელებსაც, იმ განსხვავებით, რომ m_2 მასა (ტვირთი) ასრულებს ბრუნვით მოძრაობებს, როგორც საკუთარი (O_2), ისე მუშა ორგანოს (O_1) ცენტრების მიმართ, ხოლო მისი ხაზოვანი სიჩქარე შესდგება O_1 და O_2 ცენტრების ხაზოვანი სიჩქარეების ჯამისაგან ($V_{O_i} + V_{O_2}$). რადიუს-ვექტორების აღნიშვნები ნაჩვენებია ნახ. 2.9-ზე (r_{1i} , R_{2i} , r_{2i}). n მასიანი სივრცითი ურთიერთდაკავშირებული

რხევითი სისტემის მდგომარეობა განისაზღვრება მასების სიმძიმის ცენტრების კოორდინატებით, დრეკადი ელემენტების დამაგრების წერტილებით და მათი დაყვანით რომელიმე განსაზღვრულ კოორდინატთა სისტემაში მიმმართველი კოსინუსების გამოყენებით.

მაგალითისათვის, მოვიყვანოთ მთავარი დრეკადი სისტემის დამაგრების A წერტილის კოორდინატების გამოსახულებები $Oxyz$ კოორდინატთა სისტემაში დინამიკური გადაადგილების პროცესში

$$\begin{aligned} x_A &= x_{O_1} + x_{1A}\alpha_{11} + y_{1A}\alpha_{12} + z_{1A}\alpha_{13} \\ y_A &= y_{O_1} + x_{1A}\alpha_{21} + y_{1A}\alpha_{22} + z_{1A}\alpha_{23} \\ z_A &= z_{O_1} + x_{1A}\alpha_{31} + y_{1A}\alpha_{32} + z_{1A}\alpha_{33}, \end{aligned} \quad (2.14)$$

სადაც $x_{O_1}, y_{O_1}, z_{O_1}$ წერტილის O_1 კოორდინატები $Oxyz$ სისტემაში; x_{1A}, y_{1A}, z_{1A} - A წერტილის კოორდინატები $O_1x_1y_1z_1$ სისტემაში; $\alpha_{11}, \dots, \alpha_{33}$ - მიმმართველი კოსინუსები.

ამ მოდელით მიიღება m_1 და m_2 მასების მოძრაობის ურთიერთდაკავშირებული განტოლებები ინერციული და დრეკადი ხასიათის არაწრფივი წევრებით, მიმმართველი კოსინუსების ელერის კუთხეების გაშლის მიახლოებისაგან დამოკიდებულებით (გაწრფივებული ან არაწრფივი).

წარმოდგენილი სისტემის მთავარი განსხვავება (ნახ. 2.8, 2.9) კლასიკური n - მასიანი სივრცითი სისტემისაგან მდგომარეობს: ა) მასის m_2 სპეციფიკაში (სხვადასხვა სახის და შედგენილობის ტვირთები, რომლებიც ცალმხრივად არიან მიერთებული m_1 მასასთან), ბ) მასების m_1 და m_2

გარკვეულ საწყის განლაგებაში (α და β კუთხეები), რაც ასიმეტრიულს ხდის მათემატიკური მოდელის დამუშავების თანმიმდევრობას, გ) m_1 და m_2 , როგორც ერთმანეთთან პირობითი დრეკადი ელემენტებით დაკავშირებული მასების ურთიერთმოქმედების სპეციფიკურობაში, რაც ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში განპირობებულია ტექნოლოგიური დატვირთვის მახასიათებლებით და თვისებებით, დ) დრეკადი კავშირების გადახრის გათვალისწინების საჭიროებაში არადეფორმირებადი მდგომარეობიდან (დიდი დეფორმაციების შემთხვევაში).

საილუსტრაციოდ ქვემოთ წარმოდგენილია მასების m_1 (მუშა ორგანოს) და m_2 (ტვირთის) სივრცითი მოძრაობის თითო განტოლება გრძივი, x მიმართულებით [3].

$$\begin{aligned}
 (m_1 + m_2) \ddot{x}_1 + m_2 [(\ddot{\psi}_1 z_2 + 2 \dot{\psi}_1 \dot{z}_2 - \ddot{\phi}_1 y_2 - 2 \dot{\phi}_1 \dot{y}_2 - \\
 \ddot{y} \phi_1 + \dot{z}_2 \psi_1) \cos \alpha_1 + (\cos \alpha_1 + \psi_{01} \sin \alpha_1) \ddot{x} - (\phi_{01} \cos \alpha - \\
 - \theta_{01} \sin \alpha_1) \ddot{y}_2 + (\psi_{01} \cos \alpha + \sin \alpha_1) \ddot{z} + (\dot{\theta}_1 y_2 + \dot{x}_2 \psi_1 - \\
 - 2 \dot{\theta} \dot{y}_2 - 2 \dot{x}_2 \dot{\psi}_1 - \ddot{\psi} x_2 + \ddot{y}_2 \theta_1) \sin \alpha_1] = Q_{x_1} + Q'_{x_1};
 \end{aligned}
 \tag{2.17}$$

$$\begin{aligned}
 m_2 [\ddot{x}_2 + (\ddot{x}_1 - \dot{z}_1 \phi_{01} - \dot{z}_1 \psi_1) \cos \alpha_1 - (\dot{x}_1 \psi_{01} + \dot{x}_1 \psi_1 + \\
 + \dot{z}_1) \sin \alpha_1 + \ddot{y}_1 \phi_{01} + \ddot{y}_1 \phi_1 + \ddot{\psi}_1 z_2 - 2 \dot{\psi}_1 \dot{z}_2 - \dot{\phi}_1 y_2 - \\
 - 2 \dot{\phi}_1 \dot{y}_2] = Q_{x_2} + Q'_{x_2}
 \end{aligned}
 \tag{2.18}$$

სადაც Q_x - დრეკადი ხასიათის, ხოლო Q'_x - არადრეკადი ხასიათის ძალები; θ_1, ψ_1, ρ_1 - მუშა ორგანოს ბრუნვითი კოორდინატები; $\theta_{01}, \psi_{01}, \rho_{01}$ - მანქანის დამზადების და აწყოების კუთხური ცდომილებები; $\alpha_1 = \alpha + \beta$.

$$\text{განტოლებები} \quad (2.17) \quad \text{და} \quad (2.18)$$

ურთიერთდაკავშირებულია პოტენციალური და ინერციული ხასიათის არაწრფივი მდგენელებით.

მუშა ორგანოსა (მ⁰) და ტექნოლოგიურ დატვირთვას (ტ^დ) შორის ხახუნის ძალის აღწერისათვის გამოიყენება სხვადასხვა მიდგომები, რომელთა არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ტ^დ - ის რეაქცია მ⁰ -ზე ტ^დ -ის სიჩქარისა და დეფორმაციის პროპორციულია; ამასთან გათვალისწინებულია როგორც შინაგანი ისე იმ გარემოს წინააღმდეგობა, რომელშიც ხორციელდება მოძრაობა

$$N_q = f(q, q), \quad q = x, y, z. \quad (2.19)$$

ტ^დ-ის სივრცითი მოძრაობისას (ხაზოვანი ან ბრუნვითი), ნორმალურ რეაქციებთან ერთად, როგორც შედეგი, აღიძვრებიან ამ ძალების მომენტები

$$(F_{mp})_q = fN_q; \quad (M_{mp})_q = (F_{mp})_q \cdot r_q, \quad (2.20)$$

სადაც f - ტ^დ -ის ხახუნის კოეფიციენტია მ⁰-ს ზედაპირზე (f ჩვეულებრივად მიიღება, როგორც ცვლადი, მოძრაობის ყოველ ციკლში ტ^დ-ის დინამიკური მდგომარეობის მიხედვით: სრიალი ზედაპირზე, გაჩერებები და ა.შ.); r_q - მანძილი ხახუნის ზედაპირიდან ტ^დ -ის სიმძიმის ცენტრამდე

შესაბამისი კოორდინატის მიმართულებით (ნახ. 2.10); ხახუნის ძალის მდგენელები შეიძლება შემდეგნაირად გამოისახონ:

$$F_{x_2} = f_x N_z \text{sign}(x_2); \quad F_{y_2} = f_y N_y \text{sign}(y_2);$$

$$F_{z_2} = f_z N_z \text{sign}(z_2), \quad (2.21)$$

სადაც f_x, f_y, f_z - ტფ და მწ-ს შორის ხახუნის კოეფიციენტებია x, y, z მიმართულებებით; N_y - ტვირთის ნორმალური რეაქცია გვერდით ზედაპირებზე; N_z - ტვირთის ნორმალური რეაქცია მწ-ს ფსკერზე; “*sign*” წარმოადგენს არაწრფივ ფუნქციას და განისაზღვრება სიჩქარის V ნიშნისაგან დამოკიდებულებით: $\text{sign} = 1$ როცა $V > 1$ და $\text{sign} = -1$ როცა $V < 0$.

ხახუნის ძალის მომენტებს კოორდინატთა ღერძების $O_2x_2y_2z_2$ მიმართ აქვთ სახე:

$$(M_{mp})_{x_2} = (F_{z_2} r_y - F_{y_2} r_z) \text{sign}(\theta_2); \quad (M_{mp})_{y_2} = F_{x_2} r_z \text{sign}(\psi_2);$$

$$(M_{mp})_{z_2} = F_{x_2} r_y \text{sign}(\phi_2), \quad (2.22)$$

სადაც r_y, r_z - მანძილები ხახუნის ზედაპირებიდან სისტემის $O_2x_2y_2z_2$ ღერძებამდე.

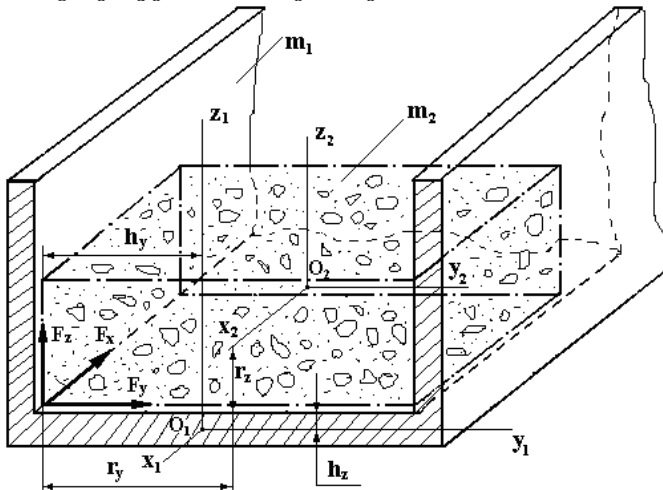
კოორდინატთა სისტემის $O_1x_1y_1z_1$ ღერძების მიმართ (მწ-ს ღერძები) ხახუნის ძალის მომენტები განისაზღვრებიან შემდეგი გამოსახულებებით:

$$(M_{mp})_{x_1} = (F_{z_2} h_y - F_{y_2} h_z); \quad (M_{mp})_{y_1} = F_{x_2} h_z;$$

$$(M_{mp})_{z_1} = F_{x_2} h_y, \quad (2.23)$$

სადაც h_y, h_z - მანძილები ხახუნის ზედაპირებიდან სისტემის $O_1x_1y_1z_1$ ღერძებამდე.

განსახილველ შემთხვევაში მრ შემოსაზღვრულია ორი მხრიდან ($O_1x_1y_1$ და $O_1x_1z_1$ სიბრტყეებიდან) ხოლო O_1x_1 მიმართულებით იგი ღიაა; ამ შემთხვევაში, ზედაპირზე $O_1x_1y_1$ ხახუნის ძალა არ არსებობს და შესაბამისად, (2.22) და (2.23) გამოსახულებებში შემაჯავლი წევრები მამრავლებით r_x, h_x , აგრეთვე არ არსებობენ.



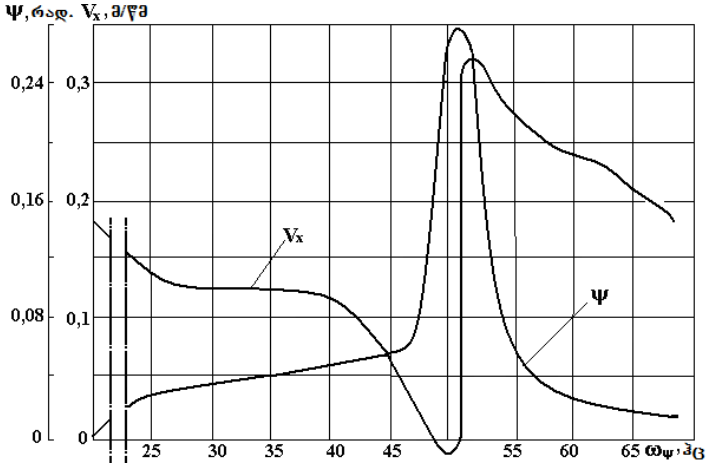
ნახ. 2.10. ფხვიერი მასალის განლაგება ვიბრაციულ ღარში და მასზე მოქმედი ხახუნის ძალები

ნახ. 2.12, 2.13 - ზე წარმოდგენილია ფხვიერი ტვირთის გადაადგილების სიჩქარის დამოკიდებულება რეზონანსული ვიბრომანქანის ცალკეული სივრცითი რხევებისაგან, რომლებიც მიღებულია (2.17), (2.18) და სივრცითი მოძრაობის სხვა განტოლებების ერთდროული კომპიუტერული ამოხსნის გზით [3]. კერძოდ, ნახ. 2.12-ზე მოცემულია

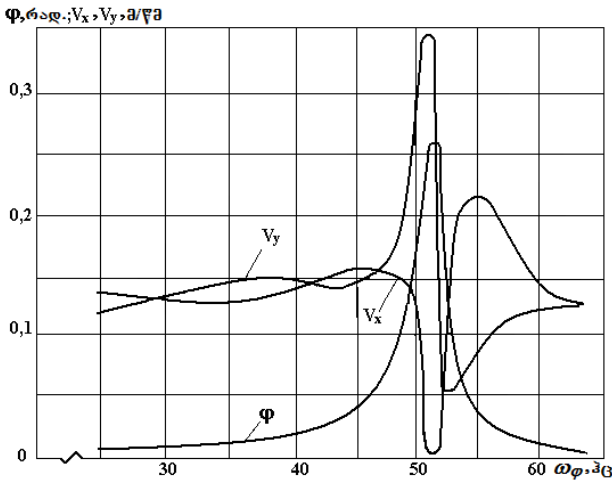
ტლ-ის მოძრაობის სიჩქარის (V_x) დამოკიდებულება მრ-ს ბრუნვითი რხევისაგან (ψ), ნახ.2.13-ზე- ტლ-ის გრძივი (V_x) და განივი (V_y) მოძრაობის სიჩქარეების დამოკიდებულება ვიბრომანქანის მრ-ს ბრუნვითი რეზონანსული რხევისაგან (φ). როგორც მოცემული დამოკიდებულებები გვიჩვენებენ, მრ-ს ამა თუ იმ სივრცითი (არამუშა) რხევის ამპლიტუდის გადიდებით (ვიბრაციის გაძლიერებით) გარკვეული სიდიდის ზევით, ტლ-ის ძირითადი (გრძივი) გადაადგილების სიჩქარე არსებითად იცვლება ან შემცირების, ან გადიდების მიმართულებით; ეს განსაკუთრებით შესამჩნევია რეზონანსის ($\omega = 50$ ჰც) გავლისას, როდესაც ხდება რხევის ფაზის ცვლილება საწინააღმდეგოდ.

უნდა აღინიშნოს, რომ რიცხვითი ექსპერიმენტის დროს, ყველა შემთხვევაში მანქანის მუშა რეჟიმი იყო ერთნაირი ($\omega = 50$ ჰც) და დამატებითი (არამუშა) რეზონანსული რხევები პროცესში ერთგვებოდნენ ძირითად რეჟიმთან ერთდროულად.

მოყვანილი დამოკიდებულებები გვიჩვენებენ, რომ რეზონანსულ ვიბრაციულ მანქანებში სივრცითი რხევები, რომლებიც თან სდევნენ ძირითად მუშა რეჟიმს, არღვევენ ფხვიერი მასალის ვიბრაციული გადაადგილების კანონზომიერებას. ამასთან, რეზონანსზე გავლისას გადაადგილების სიჩქარე მკვეთრად იცვლება და სიხშირის (ამპლიტუდის) ზოგიერთ ზონებში სიჩქარის ცვლილება თანაზომვადია მის საანგარიშო (მუშა) სიდიდესთან.



ნახ. 2.12. მუშა ორგანოს ბრუნვითი ψ რხევის გავლენა მასალის ვიბრაციული გადაადგილების სიჩქარეზე



ნახ. 2.13. მუშა ორგანოს ბრუნვითი φ რხევის გავლენა მასალის ვიბრაციული გადაადგილების სიჩქარეზე

3. ვიბრაციული მკვებავეები და მაორიენტირებელი მოწყობილობები

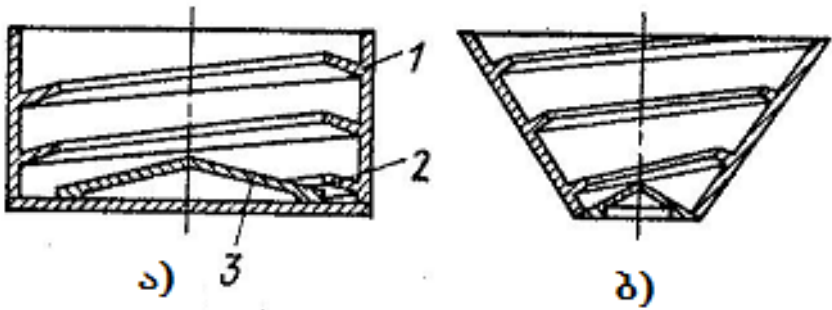
3.1. შესავალი

ვიბრაციული მკვებავეები და მაორიენტირებელი მოწყობილობები გამოიყენებიან ფხვიერი და ცალობითი ნაკეთობების ავტომატიზირებულ წარმოებაში რომლებიც ახორციელებენ ოპერაციათაშორის ტრანსპორტირებას და ნახევარფაბრიკატებით და ნაკეთობებით მუშა მოწყობილობების ავტომატურ კვებას. ასეთ მანქანებს განეკუთვნებიან ვიბრაციული ბუნკერული მკვებავეები, რომლებიც ახორციელებენ დაყრით მიღებული ცალობითი ნაკეთობების განცალკევებას და ორიენტაციას; ასევე ღარი - ტრანსპორტიორები და ამწე - ტრანსპორტიორები, რომლებიც გადაადგილებენ ორიენტირებულ მასალებს ჰორიზონტალური და ვერტიკალური მიმართულებებით [1].

3.2. დეტალების ორიენტაცია ვიბრაციულ მკვებავეებში.

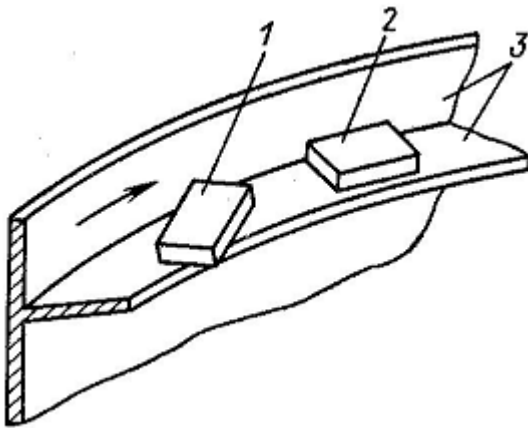
ბუნკერული მკვებავის მუშა ორგანოს წარმოადგენს ცილინდრული ან კონუსური ფორმის ბუნკერი 1 (ნახ.3.1), რომელსაც შიგნით აქვს ხრახნული ღარი 2 და კონუსური ფსკერი 3. ბუნკერს გადაეცემა ხრახნული რხევა ვიბრაციული ტრანსპორტირების რეჟიმში, რომლის შედეგად კონუსურ ფსკერზე დაყრილი დეტალები ხვდებიან ღარზე, სადაც

ტრანსპორტირების დროს მიმდინარეობს მათი ორიენტირების პროცესი.



ნახ. 3.1. ვიბრომკვებავების ბუნკერების კონსტრუქციები: *a*)-ცილინდრული, *b*) –კონუსური

ბუნკერულ მკვებავში დეტალების ორიენტაციის პროცესი შეიძლება დაიყოს ორ ხარისხობრივად



ნახ.3.2. ნაკეთობის მდგრადი მდგომარეობის წარმოქმნა ვიბროტრანსპორტირების დროს

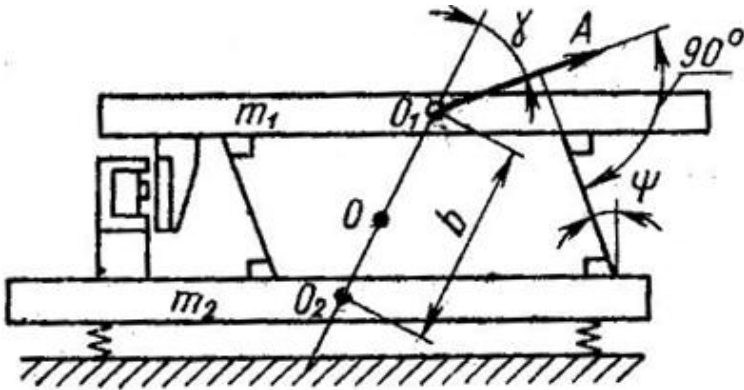
განსხვავებულ სტადიად, ანუ პირველად და მეორად ორიენტირებად. პირველადი ორიენტაციის დროს დეტალები იყოფიან ერთფენოვან რიგებად, გამოიტანებიან ნაყარიდან და იკავებენ ღარში ერთ ან რამდენიმე განსაზღვრულ მდგომარეობას. დეტალს ერთმევა ხუთი თავისუფლების ხარისხი მისი ბაზირებისას ხრახნული ღარის ორ მიმართველ მაორიენტირებელ ზედაპირებზე 3 (ნახ. 3.2). ხრახნულ საყრდენ ზედაპირს აკეთებენ მცირე დახრით გვერდითი მაორიენტირებელი ზედაპირის მიმართ. საერთო შემთხვევაში დეტალს 1 ღარის მაორიენტირებელ საყრდენ ზედაპირზე მოხვედრის შემდეგ აქვს თავისუფლების ორი ხარისხი - გადაადგილება მიმართველი ზედაპირის გასწვრივ და ბრუნვა გვერდით ზედაპირთან შეხების წერტილის ირგვლივ. ამის შემდეგ, როცა დეტალი 2 შეეხება ორი საკმაოდ დაშორებული წერტილებით გვერდით მაორიენტირებელ ზედაპირს იგი კარგავს მეორე თავისუფლების ხარისხს და იძენს მდგომარეობას, რასაც ინარჩუნებს შემდგომი ვიბრაციული ტრანსპორტირებისას.

3.3. ვიბრაციული ღარი-ტრანსპორტიორები დეტალების ორიენტირებულ გადაადგილებისათვის.

ვიბრაციულ ღარებს, რომლებიც გადაადგილებენ ორიენტირებულ დეტალებს უნდა ჰქონდეთ რხევის ერთნაირი ამპლიტუდა მთელ სიგრძეზე, ამასთან გადატვირთვის პარამეტრი

$$\varpi = A_z \omega^2 \sin \beta / g \cos \alpha ,$$

სადაც A_z -ვერტიკალური რხევის ამპლიტუდა, ω -რხევის სიხშირე, β -ვიბრაციის კუთხე, g -თავისუფალი ვარდნის აჩქარება, α - ღარის დახრის კუთხე ჰორიზონტის მიმართ, არ უნდა აღემატებოდეს ზღვრულ მნიშვნელობას. ღარი უნდა იყოს კარგად ვიბროიზოლირებული, ვინაიდან მას ჩვეულებრივად აყენებენ მუშა მოწყობილობაზე. ყველაზე სრულად ამ მოთხოვნებს აკმაყოფილებენ



ნახ.3.3. ორმასიანი ღარი-ტრანსპორტიორის დინამიკური სქემა

გაწონასწორებული რეზონანსული ღარები ორმასიანი და სამმასიანი სისტემებით და ელექტრომაგნიტური ამძრავით.

სწორხაზოვანი ჰარმონიული რხევები წარმოიშობა ორმასიან ღარებში, რომელთა კონსტრუირების დროსაც უნდა იყოს დაცული პარაზიტული კუთხური რხევების აღმოფხვრის პირობა.

ასეთი მანქანის ორმასიან რეზონანსულ სისტემაში (ნახ.3.5) მუშა ორგანო მასით m_1 მიუერთდება ψ კუთხით დახრილი ღერძული ზამბარებით რეაქტიულ ელემენტს მასით m_2 . ასეთი სისტემის აღზნების დროს მუშა ორგანო და რეაქტიული ელემენტი განახორციელებენ სწორხაზოვან ანტიფაზურ რხევებს ღერძული ზამბარების მიმართ პერპენდიკულიარული მიმართულებით და მუშა ორგანოს გადაადგილებას A ამპლიტუდით. ზოგად შემთხვევაში, როდესაც ორივე მასის შემერთებელი ხაზი O_1O_2 შეადგენს რხევის მიმართულებასთან კუთხეს γ , სისტემის მასის ცენტრზე O გამავალ ღერძის მიმართ სისტემაში აღმოცენდებიან პარაზიტული კუთხური რხევები, რომელთა ამპლიტუდა

$$\theta = \frac{m_1 A b \sin \gamma}{J},$$

სადაც b - ცენტრებს შორის მანძილი, J - სისტემის ინერციის მომენტი ცენტრალური ღერძის O მიმართ. პარაზიტული რხევები აღმოიფხვრებიან, როდესაც $\theta = 0$, შემდეგი ორი პირობიდან ერთ-ერთის შესრულების გზით: 1) $\sin \gamma = 0$, ე.ი. მუშა ორგანოს და რეაქტიული ელემენტის ცენტრების შემართებელი ხაზი უნდა თანხვედობდეს რხევის მიმართულებას; 2) $b = 0$ - მუშა ორგანოს და რეაქტიული ელემენტის მასები უნდა იყვნენ თანხვედრილი.

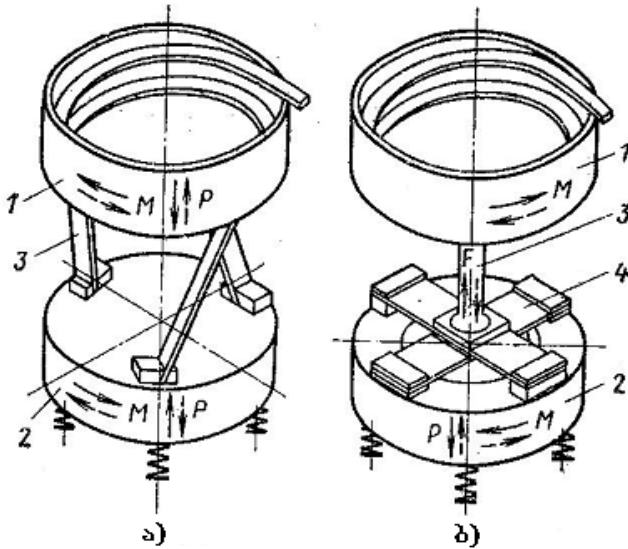
3.4. ვიბრაციული ბუნკერული მკვებავები და ამწეები.

მკვებავის მუშა ორგანოს ხრახნული ღარის მონაკვეთი გადადგილების ერთი ციკლის ზღვრებში საკმარისი სიზუსტით შეიძლება განხილულ იქნას, როგორც სწორხაზოვანი ღარი. დახრის კუთხეები α და β ამ შემთხვევაში წარმოადგენენ ხრახნული ღარის და მისი რხევის ტრაექტორიის აწევის კუთხეებს შესაბამისად.

ხრახნული ტრაექტორიის ჰარმონიული რხევების რეალიზაციისათვის ბუნკერი 1 და რეაქტიული ელემენტი 2 შეერთებული არიან დრეკადი სისტემით 3, რომლებიც დამზადებული არიან ბრტყელი ან ცილინდრული ღერძების სახით (ნახ. 3.4ა).

რეზონანსულ კონსტრუქციებში რხევის მიმართულება განისაზღვრება სისტემის დინამიკური პარამეტრებით და არ არის დამოკიდებული იძულებითი ძალის მიმართულებისაგან. სისტემის ელემენტებზე ცენტრალური ვიბროაღმგზნებიდან შეიძლება მოდებული იქნას იძულებითი ძალა P ღერძული მიმართულებით, ან იძულებითი მომენტები M – რამდენიმე ვიბროაღმგზნებიდან.

ელიფსური რხევის მისაღებად ბუნკერს 1 (ნახ. 3. 4 ბ) აერთებენ რეაქტიულ ელემენტთან 2 დრეკადი სისტემით 3, რომელიც დახრილია რხევის ცენტრალური ღერძის მიმართ და შესრულებულია ცილინდრული ან გისოსური ტორსიონების სახით და ღერძული რხევის სისტემით 4, რომელიც შესდგება ბრტყელი ზამბარების ან მემბრანებისგან. კონსტრუქციებს აქვთ ორი დამოუკიდებელი ამძრავი, რომლებიც გადასცემენ



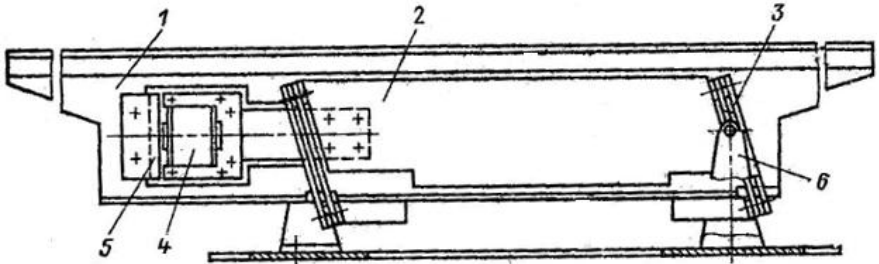
ნახ.3.4. ვიბრაციული ბუნკერული მკვებავების სქემები მიმართული და დამოუკიდებელი რხევებით

ელემენტებს იძულებით მომენტებს M და ღერძულ ძალებს P , რომლებიც დაძრულია მომენტების M მიმართ ფაზით.

არსებულ კონსტრუქციებში, რომლებიც შესრულებულია ნახ. 3. 4ა სქემით მიიღწევა ტრანსპორტირების სიჩქარე 15 - 20 მ/წთ-მდე, ხოლო მანქანებში, რომლებიც მუშაობენ ნახ. 3. 4ბ სქემით - 40 - 50 მ/წთ - მდე.

ვიბრაციული ღარი - ტრანსპორტიორის კონსტრუქცია მუშა ორგანოსა და რეაქტიული ელემენტის შეთავსებული ცენტრებით (ნახ. 3. 5) შესდგება მუშა ორგანოსაგან 1 და რეაქტიული ელემენტისაგან 2, რომლებიც შეერთებული არიან

ბრტყელი ზამბარებით 3. ვიბროამგზნების ელექტრომაგნიტი 4 მიმაგრებულია რექტიულ ელემენტთან, ხოლო ღუზა 5 მიმაგრებულია მუშა ორგანოსთან.



ნახ. 3.5. გაწონასწორებული ვიბრაციული ღარი-ტრანსპორტიორი

4. ვიბრაციული მანქანები ხიმიწების და ძელების ჩაფლობისა და გეოლოგიური ბურღვისათვის.

4.1. შესავალი

ვიბრაციული ჩაფლობის პროცესი წარმოადგენს მეარი სხეულის ჩანერგვას წინააღმდეგობრივ გარემოში მუდმივი და ნიშანცვლადი ძალების ზემოქმედებით. ნიშანცვლადი მდგენელის შემოტანით შეიძლება არსებითად შევამციროთ ეფექტური ჩაფლობისათვის აუცილებელი ძალის მუდმივი მდგენელი. ეს იძლევა შესაძლებლობას შედარებით მცირე მასის ვიბრაციული მანქანის დახმარებით, უპირატესად ქვიშნარ და თიხნარ გრუნტში ჩაფვლათ ელემენტები, რომელთა ჩანერგვის წინააღმდეგობა

მრავალჯერ აღმატება ვიბრაციული სისტემის წონის ძალას.

4.2. ვიბრაციული ჩაფლობის პროცესის არსი

გრუნტის წინააღმდეგობა შესდგება ჩასაფლობი ელემენტის ტორსზე და მის კედლებზე მოქმედი შუბლა და გვერდითი წინააღმდეგობებისაგან.

ბოძის ვიბრირებისას ამა თუ იმ ხარისხით (გრუნტის პირობებისა და რხევის რეჟიმისაგან დამოკიდებულებით) გრუნტის წინააღმდეგობა მცირდება. გრუნტის გვერდითი დინამიკური ძალები სტატიკურთან შედარებით მცირდება 2 – 10 - ჯერ. სუსტ, წყლით გაჯერებულ გრუნტებში ჩაფლობისას ხიმინჯის მახვილი წვერის ქვეშ აღმოცენებული ნიშანცვლადი ჰიდროდინამიკური წნევა ახდენს გრუნტის ნაწილაკების სიმკვრივის შემცირებას და მათ შემდგომ განშრევებას.

ვიბრაციული მეთოდი სხვა წესებთან შედარებით მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნას შედარებით მცირე ფართის მქონე განივი კვეთის ელემენტების ჩაფლობის დროს.

მილისებრი ელემენტების ვიბრაციული ჩაფლობისა და ამოძრობის ეფექტურობა იზრდება გრძივ-ბრუნვითი რხევების გამოყენებით, ხოლო დარტყმით-ვიბრაციული მეთოდის დროს – გრძივი დარტყმებისა და ბრუნვითი რხევების გამოყენებით.

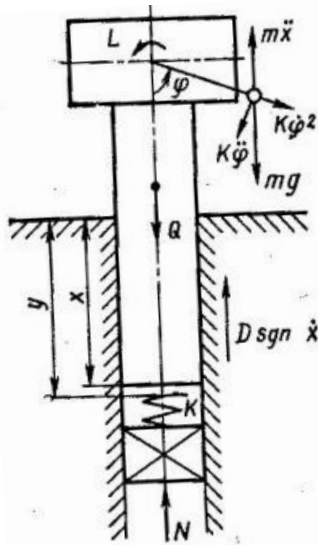
ელემენტების გრუნტში ვიბრაციული ჩაფლობის პროცესის თეორიული კვლევების დროს იყენებენ ჩასაფლობი ელემენტისა და გრუნტის ურთიერთმოქმედების სხვადასხვა მოდელებს, რომლებიც დაფუძნებულია ცნობილ ექსპერიმენტალურ ფაქტებზე, რომელთა შორის

მთავარი მდგომარეობს შემდეგში: თუ ხიმინჯის რხევის ამპლიტუდა ნაკლებია გრუნტის დრეკადი დეფორმაციის ზღვრულ სიდიდეზე, მაშინ ხიმინჯი ირხევა გარშემორტყმულ გრუნტთან ერთად და მისი ჩაფლვა არ მიმდინარეობს. ხიმინჯის რხევის ამპლიტუდის გაზრდით იწყება მისი გასრიალება გრუნტის მიმართ. ხიმინჯის სრული “მოწყვეტის” დროს მისი რხევის ამპლიტუდა ათჯერ და ასჯერ აღემატება მისი მიმდებარე გრუნტის ამპლიტუდას და გრუნტის დეფორმაცია იძენს ძირითადად პლასტიკურ ხასიათს. ბლანტი მდგენელი გამოძულავნდება ხიმინჯის გასრიალების დროს მიმდებარე გრუნტის მიმართ და მისი დამოკიდებულება რხევის სიჩქარისაგან ატარებს არსებითად არაწრფივ ხასიათს.

დარტყმით-ვიბრაციული ჩაფლობისას ჩაფლული ელემენტის მასა არ უნდა აღემატებოდეს 3-5 ტ, რადგანაც ამ მეთოდით უფრო ეფექტური ჩაფლობისათვის, ჩასაფლობი ელემენტის და ვიბროუროს დარტყმითი ნაწილის მასების ფარდობა უნდა იყოს დაახლოებით ერთის ტოლი.

ვიბრაციული მეთოდი სხვა მეთოდებთან შედარებით მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნას შედარებით მცირე განივიკვეთის მქონე ჩასაფლობი ელემენტებისათვის. ვიბრაციულმა მეთოდმა უფრო მეტი გავრცელება მოიპოვა მეტალის შპუნტების ჩაფლობისას და აგრეთვე საბურღი სამუშაოებისათვის.

თეორიული კვლევების დროს უფრო მეტადაა გავრცელებული გრუნტის წინააღმდეგობის მექანიზმის ორი აპრობირებული საანგარიშო სქემა,



ნახ.4.1. ვიბრაციული ჩაფლობის საანგარიშო სქემა

რომლებიც შესაბამისობაშია საგრუნტე პირობების ფართო წრის ექსპერიმენტულ მონაცემებთან: 1) სუფთა პლასტიკური, რომელშიც იგულისხმება, რომ შპუნტის და გრუნტის გვერდით ზედაპირებს შორის მოქმედებენ მშრალი ხახუნის ძალები; ამ მოდელში დინამიკური შებლა წინააღმდეგობა წარმოდგენილია როგორც უწონადი საცობი, რომლის გადაადგილება შესაძლებელია, თუ მასზე მოდებული ძალა აჭარბებს გრუნტის წინააღმდეგობის ძალას, რომელიც განიხილება, როგორც მშრალი ხახუნის ძალა. 2) კომბინირებული, რომელიც შეიცავს სუფთა პლასტიკურ მოდელს ანუ გრუნტის წინააღმდეგობას

გვერდით ზედაპირებზე და დრეკადპლასტიკურს, ანუ გრუნტის წინააღმდეგობას შუბლა ზედაპირზე.

ვიბრაციული ჩაფლობის საანგარიშო სქემა გრუნტის წინააღმდეგობის კომბინირებული მოდელის გამოყენების შემთხვევაში ნაჩვენებია ნახ. 4.1 - ზე. შესაბამის მათემატიკურ მოდელს აქვს სახე

$$\left. \begin{aligned} J_0 \ddot{\varphi} &= L - Kg \sin \varphi + K \ddot{x} \sin \varphi; \\ M \ddot{x} &= Q - D \operatorname{sgn} \dot{x} - N + K \dot{\varphi}^2 \cos \varphi + K \ddot{\varphi} \sin \varphi, \end{aligned} \right\} (4.1)$$

სადაც x - დაშორება გრუნტის ზედაპირიდან შპუნტის ქვედა ბოლომდე, M და Q - შესაბამისად ვიბრაციული სისტემის მასა და სიმძიმის ძალა; K - ვიბროამგზნების დებალანსების მასების ჯამური სტატიკური მომენტი; φ - დებალანსების მობრუნების კუთხე; J_0 - დებალანსის ლილვზე დაყვანილი ვიბროამგზნების მბრუნავი ნაწილების ინერციის მომენტი; L - ვიბროამგზნების ლილვზე დაყვანილი ძრავის მგრესავი მომენტი; D - გრუნტის დინამიკური წინააღმდეგობა გვერდით ზედაპირებზე; g - თავისუფალი ვარდნის აჩქარება;

$$\operatorname{sgn} \dot{x} = \begin{cases} +1 & \text{როცა } \dot{x} > 0 \\ 0 & \text{როცა } \dot{x} = 0 \\ -1 & \text{როცა } \dot{x} < 0. \end{cases} \quad (4.2)$$

გრუნტის დინამიკური წინააღმდეგობა შუბლა ზედაპირზე

$$N = \begin{cases} k_r(x-y) & \text{როცა } 0 < x-y < \Delta; \\ N^* & \text{როცა } x-y > \Delta = \frac{N}{k_r}; \\ 0 & \text{როცა } x-y < 0, \end{cases} \quad (4.3)$$

აქ k_r - გრუნტის სიხისტის კოეფიციენტი; y - ბოძის ნეიტრალური მდგომარეობის კოორდინატა, რომლის დროსაც $N = 0$; Δ - გადაადგილება, რომელიც შეესაბამება დრეკადიდან პლასტიკურ დეფორმაცი-აში გადასვლას.

4.3. ბოძების, ხიმინჯების, მიღების და სხვა ელემენტების ჩასაფლობი ვიბრაციული მანქანები.

ჩასაფლობ ელემენტზე დინამიკური ზემოქმედების მიხედვით ახდენენ ჩამფლობი ვიბრაციული მანქანების კლასიფიკაციას.

უმარტივესი ტიპის ვიბრაციული ჩამფლობი (ნახ. 4.2ა) წარმოადგენს ვიბროამგზნებს, რომელიც ხისტად არის შეერთებული ჩასაფლობ ელემენტთან, ხოლო ვიბროჩამფლობი შერეოსორებული ტვირთით (ნახ.4.2ბ) განსხვავდება უმარტივესი ტიპის ვიბროჩამფლობისგან არაინერციული ტვირთით, რომელიც უზრუნველყოფს ჩამფლობი ელემენტის ტორსის ოპტიმალურ დაწნევას გრუნტზე.

გრძივ-ბრუნვითი მოქმედების ვიბროჩამფლობებში (ნახ.4.2გ) რომლებიც გამოიყენებიან მილისებრი

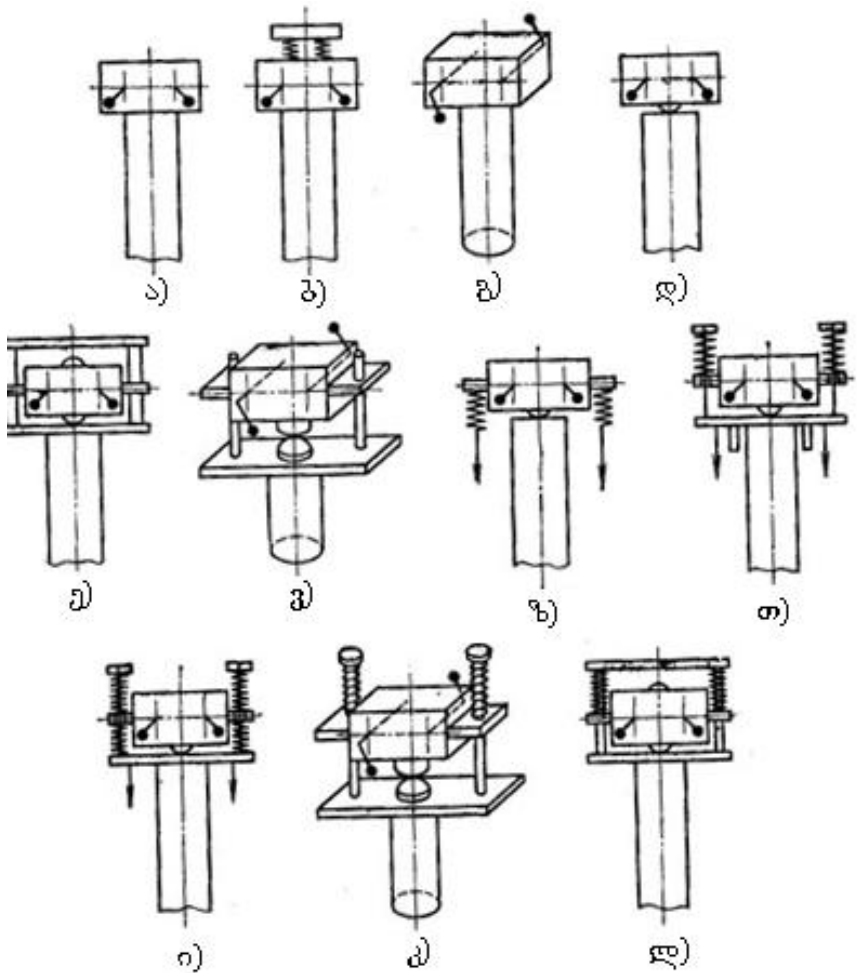
ელემენტების ჩასაფლობად, ერთდროულად აღიძვრება ორი სახის რხევები – ჩასაფლობი მილისებრი ელემენტის ღერძის გასწვრივ - გრძივი რხევები და ბრუნვითი, ელემენტის განივი კვეთის წრის მხების გასწვრივ. რხევის ბრუნვით და გრძივ მდგენელებს შორის ფაზის დაძვრისგან დამოკიდებულებით, გრძივ-ბრუნვითი მოქმედების ვიბროჩამფლობებს ყოფენ საკუთრივ გრძივ-ბრუნვითი (ფაზის დაძვრის კუთხე ტოლია $\pi/2$) და სრახნული (ფაზის დაძვრის კუთხე ტოლია 0).

დარტყმით-ვიბრაციულ ჩამფლობებს ყოფენ ზამბარულ და უზამბარო ვიბროუროებად. უზამბარო ვიბროჩამფლობებს ჩასაფლობ ელემენტზე შეუძლიათ იმოქმედონ ან ერთი (ნახ. 4.2დ) ან ორი დარტყმიტ (ნახ.4.4ე).

უზამბარო ვიბროუროებს შეუძლიათ ასევე მუშაობა დარტყმით-ბრუნვით რეჟიმში, რომლის დროსაც შეუძლიათ შეათავსონ გრძივი და ბრუნვითი დარტყმები ან გრძივი დარტყმები და ბრუნვითი რხევები (ნახ. 4.2ვ).

ზამბარული ვიბროუროები შეიძლება იყვნენ თავისუფალი (გადასცემენ ჩასაფლობ ელემენტს მხოლოდ ცალმხრივ ადგზნებას) ან მიმაგრებული ჩასაფლობ ელემენტთან. თავისუფალ ზამბარულ ვიბროუროებს ამზადებენ ისე, რომ დამატებითი სტატიკური ძალა ჩასაფლობ ელემენტს გადასცენ ან ვიბროადმგზნების ზამბარებით საშუალებით (ნახ.4.2ზ), ან უშუალოდ (ნახ.4.2თ). შესაძლებელია ორივე სტატიკური ძალის შეთავსება. ჩასაფლობ ელემენტთან შეერთებული ზამბარული ვიბროუროები შეიძლება იყვნენ გრძივი მოქმედების, როგორც ჩასაფლობ ელემენტზე სტატიკური ძალის გადაცემით (ნახ.4.2ი), ასევე მის გარეშე, ასევე

დარტყმით-ბრუნვითი (ნახ.4.2კ) და ორდარტყმითი (ნახ. 4. 2 ლ).



ნახ.4.2. ვიბრაციული ჩამფლობლების პრინციპული სქემები

4.4. ვიბრაციული და დარტყმით-ვიბრაციული მანქანების პარამეტრების გაანგარიშება

არსებობს ჩაფლობისთვის გამოყენებული ვიბრაციული და დარტყმით-ვიბრაციული მანქანების პარამეტრების გაანგარიშების საინჟინრო მეთოდიკა [1], რომელიც შესაბამისობაშია ხიმინჯების ჩაფლობის პროცესის თეორიული კვლევების შედეგებთან, გრუნტის წინააღმდეგობის პლასტიკური მექანიზმის გათვალისწინებით.

ხიმინჯის ვიბრაციული ჩაფლობის პარამეტრების გაანგარიშება წარმოებს გარკვეული წესით.

1. გრუნტის დამახასიათებელი საწყისი მონაცემების საფუძველზე განსაზღვრავენ ხიმინჯის ჩაფლობის კრიტიკული წინააღმდეგობის სიდიდეს T_{kr} მისი ჩაფლობის მოცემული მაქსიმალური სიღრმის h_{max} მიხედვით

$$T_{kr} = \Omega \sum_{i=1}^{i=n} \tau_i h_i, \quad (4.4)$$

სადაც $i - h_i$ სიმძლავრის გრუნტის ფენის რიგითი ნომერი, რომელსაც გადის ხიმინჯი ჩაფლობისას, n – ფენების საერთო რაოდენობა, Ω -ხიმინჯის განივი კვეთის პერიმეტრი.

ჩაფლობის ხვედრით წინააღმდეგობას τ განსაზღვრავენ ცხრილებიდან [1].

2. ხიმინჯის და მასთან ხისტად მიერთებული ვიბროჩაფლობის სხვა ნაწილების ჯამური მასის M საორიენტაციოდ განსაზღვრის შემდეგ ანგარიშობენ ვიბროამგზნების დებალანსების მასების სტატიკურ მომენტს

$$K = \mu AM, \quad (4.5)$$

სადაც $\mu=1,25$ - რკინაბეტონის ხიმინჯისათვის; $\mu = 1$ სხვა ჩასაფლობი ელემენტებისათვის.

გადაადგილების რეკომენდირებულ ამპლიტუდას A და სიხშირეს f , რომელიც საჭიროა შპუნტის და ხიმინჯის ეფექტური ჩაფლობისათვის, შეირჩევენ ცხრილიდან [1].

3. ვიბრაციული სისტემის აუცილებელი მინიმალური სიმძიმის ძალა (ვიბროაღმგზნებისა და დამატებითი ტვირთებისა)

$$Q \geq p_0 F, \quad (4.6)$$

სადაც F - ხიმინჯის განივი კვეთის ფართი, სმ^2 ; p_0 - წყლით გაჯერებულ ქვიშნარ და ნაკლებად თიხნარ გრუნტში ჩასაფლობი ხიმინჯის სარეკომენდაციო აუცილებელი დაწნევა [1].

4. ამოწმებენ სიმძიმის ძალის Q ფარდობას იძულებითი ძალის ამპლიტუდასთან

$$P = \frac{Kf^2}{25}; \quad v_1 < \frac{25Q}{Kf^2} < v_2. \quad (4.7)$$

v_1 და v_2 შეირჩევიან ცხრილებიდან [1].

(4.7) - ის მიხედვით გაანგარიშების შესრულების შემდეგ აუცილებლობის შემთხვევაში აღიღებენ ან სიმძიმის ძალას Q , ან იძულებითი ძალის ამპლიტუდას (k ან f - ის გაზრდით).

5. მიღებულ პარამეტრებს ამოწმებენ ქვემოთ მოცემული შემდეგი ფორმულების მიხედვით

$$P = \frac{Kf^2}{25} \geq \gamma T_{kr}, \quad (4.8)$$

სადაც γ - კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს გრუნტის დრეკადობის გავლენას; $\gamma = 0,6 \div 0,8$ -

დაბალსიხშირული ჩამფლობლებისთვის (5 – 10 ჰც);
 $\gamma = 1$ – დანარჩენი ვიბროჩამფლობლებისთვის.

$$P = \frac{K}{\mu Q} \geq A, \quad (4.9)$$

აგრეთვე ამოწმებენ (4.7) - ის მიხედვით.

6. ამძრავი ძრავის სიმძლავრე (კვტ)

$$w = 25Kf^3 10^{-5} (1,1d + 3,2 \frac{K}{Q}),$$

სადაც d – ვიბროამგზნების ლილვის პოჭოჭიკის დიამეტრი, სმ.

5. ვიბრაციული ტუმბოები

5.1. შესავალი

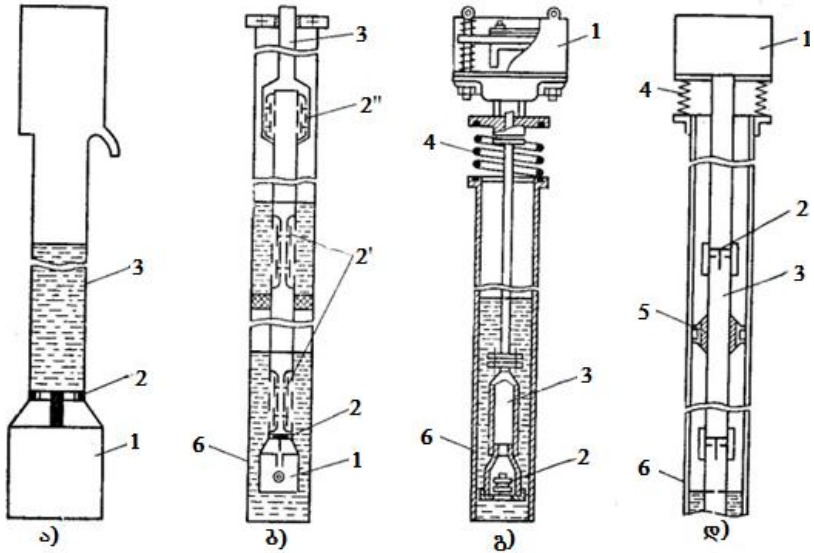
ვიბრაციული ტუმბოები აერთიანებენ მოწყობილობების დიდ ჯგუფს სითხეების ამოღებისა და ტრანსპორტირებისათვის, რომელთაც აქვთ ვიბრაციული ტიპის ამძრავი და მუშა ორგანო. ისინი ხასიათდებიან მარტივი კონსტრუქციით, ექსპლოატაციაში საიმედოობით და შეიძლება გამოყენებულ იქნან წყლისა და სხვა სითხეების აწევა-ტრანსპორტირებისათვის, მათ შორის აგრესიული და მექანიკური ჩანართებით. ვიბრაციული ტუმბოები იყოფა მოქმედების პრინციპის მიხედვით – ინერციული, მოცულობითი, მოცულობით-ინერციული; დანიშნულების მიხედვით – წყლისთვის, მექანიკური მინარევების შემცველი აგრესიული სითხისთვის; ამძრავის ტიპის მიხედვით – ელექტრომაგნიტური, დებალანსური (ერთი და ორლილვიანი), ჰიდრავლიკური.

მოქმედების ინერციული პრინციპი მდგომარეობს სითხის სვეტისადმი მუშა ორგანოს საშუალებით წნევის მოკლე იმპულსების გადაცემაში. ამასთან მუშა ორგანოს აჩქარების ამპლიტუდა $A\omega^2 > (2 - 3)g$. აჩქარების შემცირების შემთხვევაში მუშა ორგანოს და სითხის სვეტის რხევები მიმდინარეობს სინქრონულად, წყვეტის გარეშე და სითხის აწევა არ მიმდინარეობს. ამ შემთხვევაში მიწოდება შეიძლება განხორციელდეს სითხის ჩაჭირხვნივით ორ სარქველს შორის მოთავსებული მოცულობიდან მილსადენში, ე.ი. გამოიყენება მიწოდების მოცულობითი პრინციპი. აგრეგატებში, განსაკუთრებით ელექტრომაგნიტური ამძრავებით, ხშირად ერთიანდებიან ინერციული და მოცულობითი პრინციპები, რაც საშუალებას იძლევა მუშა ორგანოს სახით გამოიყენებულ იქნას ელასტიკური რეზინის სარქველები. ეს შესაძლებლობას იძლევა ჰიდრავლიკური პარამეტრებისგან დამოუკიდებლად (დაწნევა H და მიწოდება Q) შენარჩუნებულ იქნას რეზონანსთან მიახლოებული რეჟიმი, რის მეშვეობითაც ენერჯიის ხარჯები მუშა მახასიათებლების მთელ დიაპაზონზე რჩება პრაქტიკულად მუდმივი.

5.2. ვიბროტუმბოების ზოგიერთი სახეები

ვიბრაციული ტუმბოს უმარტივესი მოდელი (ნახ. 5.1ა) შედგება ვიბროამგზნებისაგან 1, მუშა ორგანო – სარქველისაგან 2 და დაწნევითი მილსადენისაგან 3.

წყლის დიდ სიმაღლეზე ატანისთვის წყლის სვეტი მიზანშეწონილია დაიყოს (ნახ.5.1ბ), რაც ამცირებს დატვირთვას ერთ სარქველზე და ზრდის საერთო დაწნევას და მიწოდებას.

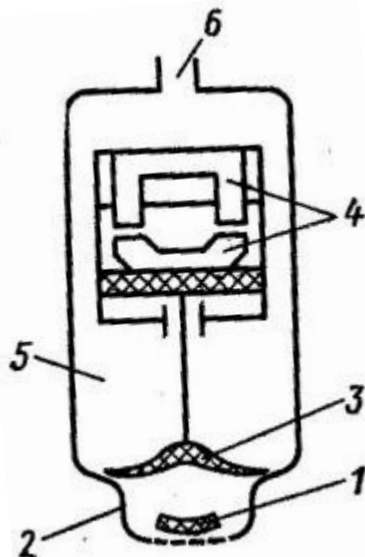


ნახ.5.1. ვიბრაციული ტუმბოების სქემები: ა) - ჩადირვის ტიპის - ერთი სარქველით; ბ) - ჩადირვის ტიპის - მრავალსარქველიანი; გ) ზედაპირული ელექტრომაგნიტური ამძრავით; დ) მრავალ სარქველიანი, სიღრმული; 1 - ვიბროაღმგზნებო; 2 - მუშა ორგანო - სარქველის კვანძი (2' - შემწოვი სარქველი; 2'' - დამჭირხნი სარქველი); 3 - წყალამწვევი მილი; 4 - დრეკადი საკიდი; 5 - მიმმართველები; 6 - სამაგრი სვეტი.

ვიბრაციული წყალამწვევის სქემა რეზონანსული ტიპის ელექტრომაგნიტური ვიბროაღმგზნებით ნახვენებია ნახ. 5.1გ-ზე.

მნიშვნელოვანი გავრცელება მრეწველობის სხვადასხვა დარგებში მოიპოვეს მოცულობით-ინერციულმა ტუმბოებმა ელექტრომაგნიტური ამძრავებით. ამ ტუმბოების ზოგიერთი

მოდულიზაცია იმპლანტირებულია დიამეტრით 70-100 მმ, მასით 3-8 კგ მიწოდებით 3 მ³/სთ და დაწნევით 50 მ-დე სერიულად მზადდება ინგლისში, იტალიაში, რუსეთში.



ნახ. 5.2. მოცულობით-ინერციული ტუმბოს მოქმედების სქემა

მოცულობით – ინერციული ტუმბოების მუშაობის პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში (ნახ.5.2). წყლის რეზერვუარში მოთავსებულ წყლამწეში წყალი უკუ კლასპანით 1 მიეწოდება კორპუსში 2. ელექტრომაგნიტის 4 მუშაობის დროს მუშა ორგანო-დგუში 3 ირხევა სიხშირით 6000 რხ/წთ. როდესაც დგუში მოძრაობს ქვევით უკუკლასპანი 1 იკეტება და წყალი დგუშსა და კორპუსს შორის ღრეჩოთი გამოიწურება დგუშსქვემოთა ღრუში 5. ზევით მოძრაობის დროს ელასტიკური დგუში კორპუსს მიეჭირება წრეზე.

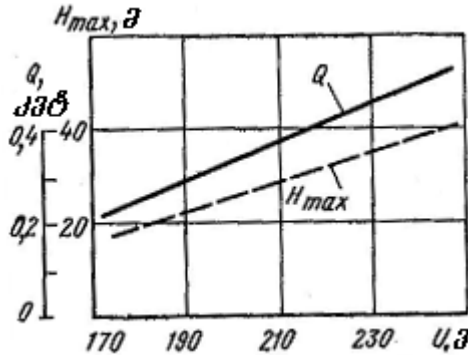
სარქველს ზემოთ წნევა მცირდება, იგი გაიღება და წყალი რეზერვუარიდან მიეწოდება ტუმბოს. ერთდროულად დგუშის შუა ნაწილი გადასცემს დგუშის ზემოთ მდებარე სითხეს წნევის იმპულსს. ამრიგად ხორციელდება წყლის მიწოდება. წყალამწეში გაერთიანებულია როგორც მოცულობითი, ისე ინერციული ტუმბოების ელემენტები. წყალი, მიეწოდება რა კორპუსს შორის სივრცეში, აცივებს ელექტრომაგნიტურ ამძრავს და მოქნილი შლანგით 6 მიეწოდება მომხმარებელს. ეს ტუმბოები გამოიყენება მრეწველობის მრავალ დარგში არააგრესიული სითხეების გადაქაჩვისათვის.

5.3. ვიბროტუმბოების გაანგარიშება

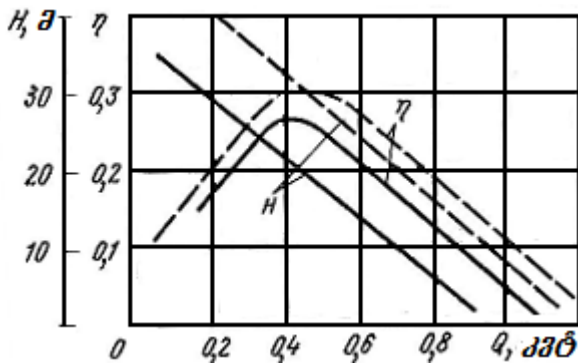
ელექტრომაგნიტურ ამძრავიანი ვიბრაციული ტუმბოების დინამიკის გაანგარიშება ხდება ორმასიანი რხევითი სისტემის ანალოგიურად [1]. ზამბარები შეირჩევა ისე, რომ მიღებულ იქნას რეზონანსული რეჟიმი.

ნახ.5.3-ზე მოყვანილია მწარმოებლობის და მაქსიმალური დაწნევის დამოკიდებულება ქსელის ძაბვისაგან. ტუმბოს მწარმოებლობა მუდმივი დაწნევის დროს კორპუსის მიმართ ღუზის გადაადგილების ამპლიტუდის პირდაპირ პროპორციულია.

მუშა ორგანოსა და უკუ სარქველის სითხესთან ურთიერთმოქმედების რთული ჰიდროდინამიკური პროცესი შეიძლება აღიწეროს ცდის საფუძველზე განსაზღვრული k_1 და k_2 კოეფიციენტების საშუალებით. პროპორციულობის კოეფიციენტი $k_1 = Q/A$. კოეფიციენტი k_2 ახასიათებს $Q - H$



ნახ. 5.3. მწარმოებლობის Q და დაწნევის H დამოკიდებულება ძაბვისაგან



ნახ.5.4. დაწნევის - H და მქკ - η -ს დამოკიდებულება მწარმოებლობისაგან 220ვ (---) და 240ვ (- - -) ძაბვის პირობებში

დამოკიდებულებას და შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი გამოსახულებიდან $Q = Q_0 - k_2 H$ (იხ. ნახ.5.4). თუ მოცემული ან განსაზღვრულია კოეფიციენტები k_1 და k_2 , მაშინ საჭირო მწარმოებლობა Q მოცემული

დაწნევის H პირობებში მიიღწევა ღუზის გადაადგილების ამპლიტუდით

$$A = (Q + k_2 H) / k_1$$

6. ვიბრაციული მანქანები ფხვიერი მასების დაყოფისათვის

6.1. შესავალი

ფხვიერი მასების ვიბრაციული დაყოფისათვის (სეპარაციისთვის) გამოიყენებიან მანქანები, რომელთა დახმარებითაც წყდება შემდეგი ტექნოლოგიური ამოცანები: ნედლეულის გასუფთავება მინარევებისაგან, ფრაქციებად დაყოფა, დახარისხება.

ვიბრაციის დახმარებით ნაწილაკები შეიძლება დაიყოს შემდეგი ნიშნების მიხედვით: ზომები (სისქე, სიგანე, სიგრძე), ფორმა, მასალის სიმკვრივე, გარე ხახუნის კოეფიციენტი, დრეკადობა, ფერომაგნიტური თვისებები.

ამ სახის მანქანებში ფხვიერ მასალაზე ვიბრაციული ზემოქმედება გამოიყენება: 1) საწყისი ნარევის (დასახარისხებელი მასის) ტრანსპორტირებისათვის მუშა სივრცეში, ნარევის თანაბარი განაწილებისათვის მუშა ორგანოებს შორის, შუალედური და საბოლოო პროდუქტის ტრანსპორტირებისათვის; 2) ნარევის ყოველი კომპონენტის ნაწილაკების თავმოყრისათვის მუშა სივრცის გარკვეულ ნაწილში; 3) ფრაქციების ცალ-ცალკე გამოტანისათვის მუშა სივრციდან.

ნაწილაკების დაყოფის ნიშნები და წესი, მუშა ორგანოების მახასიათებლები, მათი რხევების

ფორმები, მანქანების ტექნოლოგიური და კონსტრუქციული სქემები იმყოფებიან გარკვეულ კავშირში [1].

6.2. საცრიანი (ცხავიანი) სეპარატორები

მანქანის მუშა ორგანოს წარმოადგენს მერხევი საცრიანი ღარი, რომელიც შედგება ბრტყელი საცრისგან, ორი გრძივი და ერთი განივი (წინა) კედლებით.

ფხვიერი ნარევი მოეწოდება ღარის მიმღები მხრიდან წინა კედელთან და გადაადგილდება ღია, გამომშვები ბოლოსკენ, სადაც იყოფა ორ, გამავალ (ნაწილაკები, რომლებიც გადიან საცრის ნახვრეტებში) და აცდენილ (ნაწილაკები, რომლებიც ვერ გადიან საცრის ნახვრეტებში) ფრაქციებად. ვიბრაციის გავლენით ხორციელდება: 1) ნარევის ტრანსპორტირება ღარის გასწვრივ, რომელიც აუცილებელია პროცესის უწყვეტობისათვის და რომელიც ხასიათდება მთელი ფხვიერი სხეულის მასის ცენტრის საშუალო სიჩქარით; 2) თვითდახარისხება – მცირე ზომის და დიდი სიმკვრივის ნაწილაკების ჩაძირვა ქვედა ფენებში (საცრის ზედაპირზე) და დიდი ზომის და მცირე სიმკვრივის ნაწილაკების ამოტივტივება ზედა ფენებში; 3) გაცრა – საცრის ნახვრეტებში ამ ნახვრეტებზე მცირე ზომის ნაწილაკების გავლა.

ნაკადის უწყვეტობის პირობიდან გამომდინარე, არხის განივ კვეთში, მიმღები ბოლოდან x მანძილზე ფენის სისქე იქნება:

$$H_x = \frac{Q_0 - Q_1}{BV_x \rho}, \quad (6.1)$$

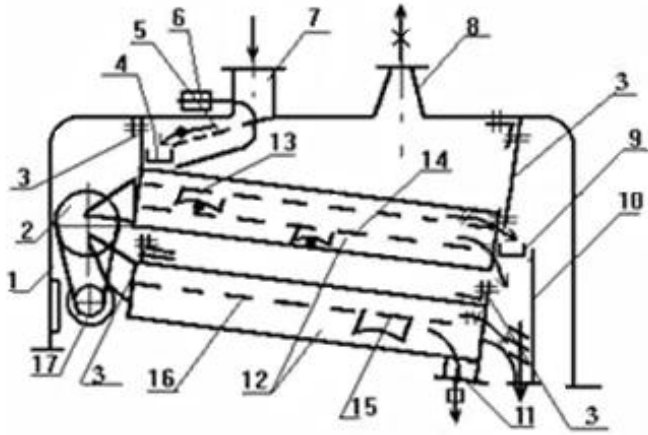
სადაც B - არხის სიგანე, მ; v_x - ნაკადის კვეთის საშუალო სიჩქარე, მ/წმ; ρ - მოძრავი ფხვიერი პროდუქტის საშუალო სიმკვრივე, კგ/მ³; Q_0 - საწყისი ნარევის მასიური მწარმოებლობა; Q_1 - მასის რაოდენობა 0-დან x მონაკვეთზე.

ტრანსპორტირების საშუალო სიჩქარე v წარმოადგენს ძირითად პარამეტრს, რომელსაც ირჩევენ გაცრის საუკეთესო ეფექტის მისაღწევად.

ილუსტრაციისთვის განვიხილოთ ნახ. 6.1-ზე წარმოდგენილი საცრებიანი სეპარატორის სქემა და მისი მუშაობის პრინციპი.

სეპარატორი შესრულებულია დასაშლელი ლითონის დგანისაგან 1, რომლის შიგნითაც ზამბარებზე 3 ჩამოკიდებულია ორი საცრიანი ძარა 12. საცრიან ძარებს წინსვლით-უკუსვლითი მოძრაობები გადაეცემა ექსცენტრიკული ვიბრატორით 2, რომელიც მოქმედებაში მოდის ელექტროძრავიდან 17. ნარევის სიგანეზე თანაბარი განაწილებისათვის გამოიყენება მიმღებ-გამანაწილებელი მოწყობილობა სატვირთო სარქველით 6. სეპარატორს აქვს საცრების ოთხი რიგი: პირველი-მიმღები საცერი 5, მეორე-დამხარისხებელი - 13, მესამე-განმტვირთავი - 14 და მეოთხე-მოსათესი საცერი 16. საცრები სუფთავდება ინერციული გამწმენდით 15.

საწყისი ნარევი მიმღებ-გამანაწილებელი მოწყობილობიდან, გადალახავს რა სატვირთო სარქველის 6 წინააღმდეგობას, გადადის თანაბარი ფენებით მიმღებ საცერზე 5, რომლიდან გადმოსული უხეში მინარევები გამოიტანება მანქანიდან ღარით 4. მიმღები საცრის გასასვლელი გადადის



ნახ.6.1. სეპარატორის ZSP –10-ის სქემა

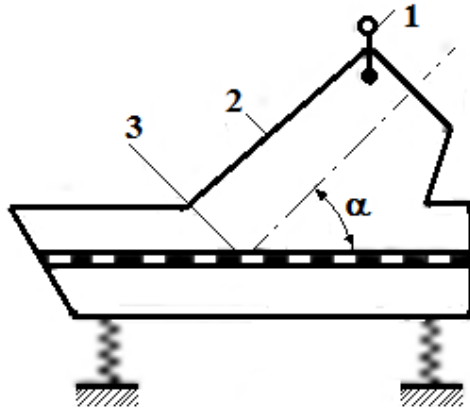
დამხარისხებელ საცერზე 13, რომელიც ემსახურება მარცვლიდან მსხვილი მინარევეების გამოყოფას. ეს უკანასკნელები განივი ღარით 9 მიემართებიან ნარჩენების შესაკრებში. მარცვალი, რომელმაც გაიარა დამხარისხებელი საცერი, გადადის განმტვირთავ 14-ზე, რომლის ზედა ნაწილში ნარევის ნაკადს ყოფენ ორ ნაწილად: ერთი მიდის გამოსვლით განმტვირთავი საცრიდან, ხოლო მეორე გავლით გადადის ქვედა ძარის 12 მოსათეს საცერზე 16. განმტვირთავი და მოსათესი საცრებიდან გამოსულს აერთიანებენ (ეს არის გასუფთავებული მარცვალი) და გამოაქვთ მანქანიდან. ქვედა ძარის ფსკერით მოსათესი საცრიდან გავლილი (წვრილი მინარევეები) მიედინება მილში 11 და აგრეთვე გამოიტანება მანქანიდან. სეპარატორიდან მსუბუქი მინარევეების გამოდევნა (ვენტილაცია) ხდება 8 მილისადას.

6.3. ვიბრაციული ცხავეები.

ვიბრაციული გაცხრილვა ფართოდ გამოიყენება სამთამადნო წარმოებაში დამსხვრევის წინ ნატეხი მასალების კლასებად განცალკევებისათვის [2], მძიმე გარემოში დამამძიმებლების ჩარეცხვისათვის სასარგებლო წიაღისეულის გამდიდრებისას, პულპის გაუწყლოებისათვის. ანალოგიური მიზნით გაცხრილვა გამოიყენება სამთო ქიმიკაში, ქვანახშირის მრეწველობაში და სამშენებლო მასალების წარმოებაში.

სიდიდის მიხედვით მასალების დაყოფა კლასებად ხდება ვიბრაციული გადაადგილების პროცესში საცრელ ზედაპირზე, რომელიც შესრულებულია საცრის, ცხავის ან ცხრილის სახით. ცხავეები აქტიური საცრელი ზედაპირით მოქმედების პრინციპის მიუხედავად (მეზობელი კოლოსნიკების ურთიერთ მიმართ გადაადგილება, დრეკადი საცერი და ა.შ.), გამოიყენებიან წებოვანი, თიხოვანი მასალების გაცხრილვისას, დიდი ტენიანობის მქონე მასალებისთვის, ცხავის ნახვრეტების თვითგასუფთავებისთვის, გაცრის პროცესის ინტენსიფიკაციისთვის.

ნახ. 6.2-ზე წარმოდგენილია ყველაზე მეტად გავრცელებული, ერთმასიანი, ვიბრაციული გროხოტის დინამიკური სქემა ცენტრიდანული ვიბროაღმუხნებით. იგი აღჭურვილია ცენტრიდანული ვიბროაღმუხნებით 1, რომელიც წარმოადგენს საკისრებზე დაყენებულ ლილვს გაუწონასწორებელი ტვირთებით, რომელიც ბრუნვაში მოდის ელექტროძრავიდან სოლისებური ღვედური გადაცემით. რხევის ერთგვაროვანი ველის მისაღებად ვიბროაღმუხნებს აყენებენ გროხოტის სიმძიმის



ნახ. 6.2. ერთმასიანი გროსოტი ცენტრიდანული ვიბროდამგზნებით.

ცენტრში. გროსოტის მუშა ორგანოს წარმოადგენს სოკერი 2 საცრელი ზედაპირით 3, რომელიც დაყენებულია ან ჩამოკიდებულია რბილ დრეკად ვიბროსაიზოლაციო ელემენტებზე 4. ამ გროსოტების საცრელი ზედაპირების დახრა ჰორიზონტის მიმართ შეადგენს 30-40°.

6.4. ბრტყელი (დეკიანი) სეპარატორები

ვიბრაციული სეპარატორი წარმოადგენს მოწყობილობას, რომელიც შედგება არაპერფორირებული, ჰორიზონტის მიმართ დახრილი ვიბრაციული ზედაპირისაგან და რომელზედაც ხორციელდება მშრალი ფხვიერი მასალების დაყოფა ნაწილაკების სიდიდის, ფორმის, ხახუნის კოეფიციენტის ან დრეკადობის მიხედვით.

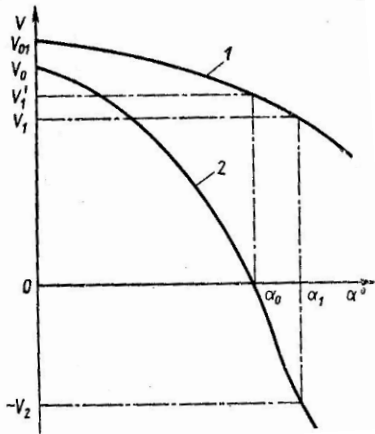
ასეთი ტიპის ვიბრაციულ სეპარატორებზე ახორციელებენ აღმასის მარცვლების დაყოფას ფორმის მიხედვით, ბრინჯაოს ბურთულოვანი

ფხვნილის გამოყოფას, რომელიც გამოიყენება მეტალ-კერამიკულ ფილტრებში და ა.შ.

ნაწილაკის მოძრაობისას მონოფენაში ჰორიზონტისადმი ორმაგად დახრილ ვიბრაციულ სიბრტყეზე (დეკაზე) სხვადასხვა ნაწილაკების გადაადგილების საშუალო სიჩქარე V აღმოჩნდება განსხვავებული და არსებითად დამოკიდებული დარტყმის დროს ხახუნის მყისიერი λ და აღდგენის R კოეფიციენტებისგან. დეკის აწევის რაღაც კუთხეზე $\alpha = \alpha_0$, ერთი სახის ნაწილაკების სიჩქარე ხდება 0 - ის ტოლი, მაშინ, როდესაც სხვა ნაწილაკების სიჩქარე რჩება მნიშვნელოვანი (ნახ. 6.3). დეკის აწევის კუთხის შემდგომი გადიდებით $\alpha = \alpha_0$ -დე შეიმჩნევა სეპარაციის ეფექტი, რაც იმაში მდგომარეობს, რომ ერთი სახის ნაწილაკები გადაადგილდებიან დახრილ ზედაპირზე ზევით (V_1 - სიჩქარით), ხოლო სხვები სრიალდებიან ქვევით ($-V_2$ - სიჩქარით). დახრილ ვიბრაციულ ზედაპირზე ნაწილაკის აწევის ზღვრულ კუთხეს, რომლის დროსაც მისი სიჩქარე ხდება 0 -ის ტოლი, უწოდებენ ვიბროსეპარაციის კუთხეს α_0 .

ორმაგი დახრილობის დეკის სწორხაზოვანი ჰარმონიული რხევის დროს ბრტყელი ნაწილაკების სიბრტყეზე მოძრაობის სიჩქარეების თანაფარდობას განივი და გრძივი მიმართულებებით, რომელიც განსაზღვრავს ნაწილაკის მოძრაობის “გასაშუალებულ” ტრაექტორიას, აქვს სახე:

$$\frac{V_z}{V_x} = \frac{(1-q) \sin \varepsilon}{qctg\beta - tg\alpha} = tg\psi,$$

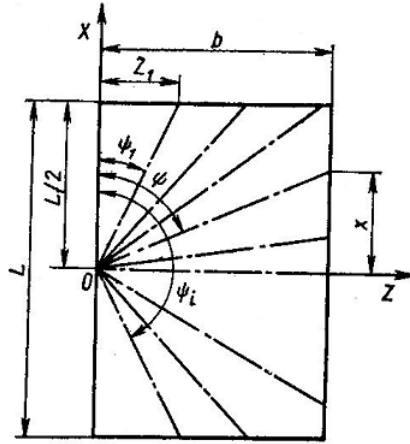


ნახ. 6.3. ვიბრაციული გადაადგილების სიჩქარის დამოკიდებულება სიბრტყის დახრის კუთხისაგან α ; 1, 2 –სხვადასხვა ფრაქციების მიმღებები

სადაც $q = \lambda(1-R)/[(2-\lambda)(1+R)]$ - სეპარაციის პარამეტრი; ε - ზედაპირის გვერდითი დახრის კუთხე; α - ზედაპირის გრძივი დახრის კუთხე; β - ვიბრაციის კუთხე.

ბრტყელი დეკის შემთხვევაში კუთხეები α , ε , β წარმოადგენენ მუდმივ სიდიდეებს და იცვლებიან მხოლოდ მანქანის გადაწყობის დროს. შესაბამისად, ზედაპირზე ნაწილაკის გადაადგილების ტრაექტორია იქნება სწორი ხაზი, რომელიც ხასიათდება ψ კუთხით ტრაექტორიის მიმართულებასა და დეკის გრძივ ღერძს შორის (ნახ. 5.4).

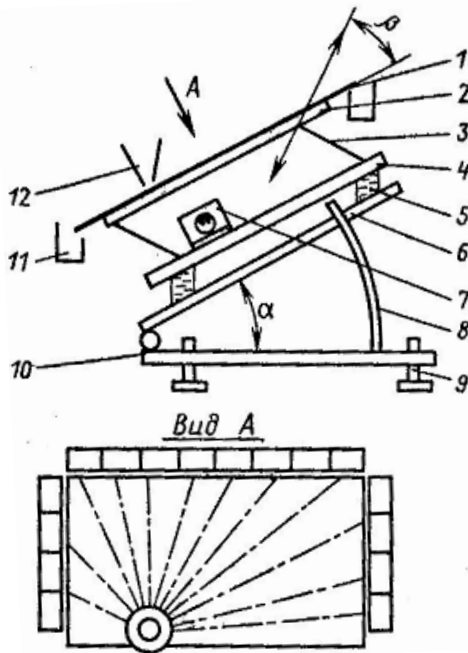
სეპარატორის კონსტრუქციული სქემა ნაჩვენებია ნახ. 6.5-ზე. სეპარატორის ძირითად ელემენტს წარმოადგენს ბრტყელი ან მცირედ ჩაღუნული დეკა



ნახ. 6.4. ბრტყელ დეკაზე სხვადასხვა ნაწილაკების მოძრაობის ტრაექტორიები.

1, რომელიც დამაგრებულია ზედა ჩარჩოზე 2 და შეერთებულია დრეკადი ელემენტებით 3 რეაქტიულ ჩარჩოსთან 4. ცენტრიდანული ან ელექტრომაგნიტური ვიბროამგზნები 7 ხისტად არის შეერთებული ჩარჩოსთან 4. რბილი ვიბროიზოლატორებით 5 სეპარატორი დადგმულია მოსაბრუნებელ ჩარჩოზე 6. ამწვევი მოწყობილობის 8 დახმარებით დეკას შეიძლება მიეცეს ჰორიზონტის მიმართ საჭირო დახრის კუთხე α , ხოლო ხრახნული საყრდენები 9 პლიტასთან 10 საშუალებას იძლევიან მიეცეს დეკას საჭირო დახრის კუთხე ϵ , გვერდითი მიმართულებით.

სეპარაციისთვის განკუთვნილი საწყისი მასალა თანაბრად მიეწოდება ვიბრაციულ დეკაზე ბუნკერიდან 12 და მისი ორმაგი დახრილობის წყალობით ნაწილდება მასზე და გადაადგილდებიან და წარმოქმნიან ნაწილაკების ტრაექტორიების



ნახ. 6.5. სეპარატორის კონსტრუქციის სქემა.

მარაოს. სეპარაციის პროდუქტები იკრიბებიან მიმღებებში 11, რომლებიც განლაგებულია დეკის სამი მხრიდან ნაპირების გასწვრივ. ვიწროკლასიფიცირებული მასალების ან მადნის სეპარაცია წარმატებით ხორციელდება ბრტყელ დეკაზე. არაკლასიფიცირებული მასალების სეპარაცია უფრო ხელსაყრელია განხორციელდეს მცირეღალუნულ დეკაზე.

7. ვიბრაციული სატკეპნები და შემამჭიდროველები

7.1. შესავალი

გრუნტების, გზის საძირკვლის და საფარის და სხვა დასაფარი და შესამჭიდროებელი ობიექტების შემადგენლობა და ფიზიკო-მექანიკური თვისებები მრავალფეროვანია. ასევე განსხვავებულია მოთხოვნები შემჭიდროებისადმი, მისი განხორციელების პირობები, სამუშაოს ორგანიზაცია და მასშტაბები. ამან გამოიწვია მრავალი ტიპის და სახესხვაობების შემამჭიდროებელი მანქანების წარმოშობა, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან დასატკეპნ გარემოსთან ურთიერთქმედების ხასიათით, კონსტრუქციული სქემებით და ზომებით.

შემსრულებელ ორგანოსა და დასატკეპნ გარემოს შორის ურთიერთმოქმედების ხასიათით დამტკეპნი მანქანები შეიძლება დაიყოს სტატიკური მოქმედების (დამწნეხი) და დინამიკური მოქმედების (არადარტყმითი ვიბრაციული, დარტყმითი ვიბრაციული, დარტყმითი) მანქანებად. ერთი და იგივე ვიბრაციული მანქანა გრუნტის შემჭიდროებისათვის შეიძლება მუშაობდეს როგორც არადარტყმით ვიბრაციულ, ისე დარტყმით ვიბრაციულ რეჟიმში, რაც დამოკიდებულია დებალანსების მასების სტატიკური მომენტისა და კუთხური სიჩქარისაგან, მანქანის მასებისაგან, გრუნტის შემადგენლობისა და თვისებებისაგან.

ვიბრაციული მანქანის შემსრულებელი ორგანოს ზემოქმედებისას გრუნტზე, გზის საძირკველზე, საფარზე ან სხვა შესამჭიდროებელ

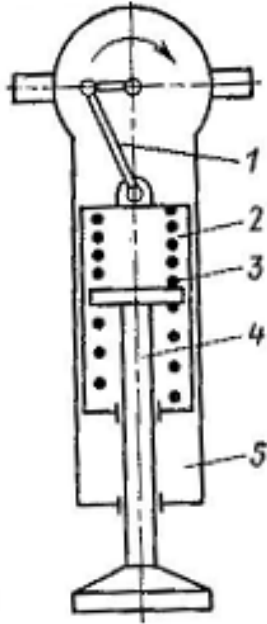
მასაზე, უკანასკნელის სასაზღვრო ფენაზე აღმოცენდება დაძაბულობა, რომლის ტალღაც გავრცელდება შესამჭიდროებელ მასაში და იწვევს მის დეფორმაციას. დინამიკური რეაქცია, რომელსაც ღებულობს ვიბრაციული მანქანის შემსრულებელი ორგანო, მარტივი საანგარიშო მოდელის შედგენისათვის შეიძლება სქემატურად წარმოვადგინოთ სამი მდგენელის სახით: დრეკადი, რომლის მიმართულება სასაზღვრო ფენის დეფორმაციის საწინააღმდეგოა; ინერციული, რომლის მიმართულება შემსრულებელი ორგანოს აჩქარების საწინააღმდეგოა; დისიპატიური, რომლის მიმართულება შემსრულებელი ორგანოს სიჩქარის საწინააღმდეგოა. დისიპატიური კომპონენტი თავის მხრივ შეიძლება შესდგებოდეს ბლანტი და პლასტიკური მდგენელებისგან.

7.2. ვიბრაციული სატკეპნები

იძულებითი ძალისა და სიმძიმის ძალის ან სპეციალური ზამბარების დრეკადი ძალის ერთდროულ ზემოქმედებას მოჰყავს ეს მანქანები ვიბრაციულ მოძრაობაში, რასაც თან ახლავს პერიოდული დარტყმები დასატკეპნ მასაზე, რის შედეგადაც ხდება მისი შემჭიდროვება.

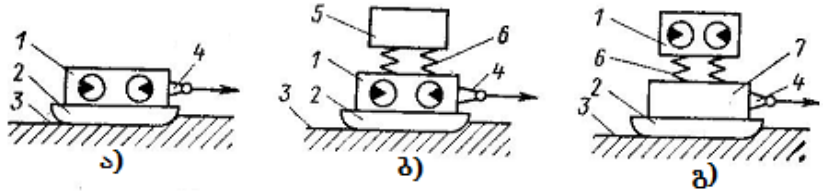
ხელით სატკეპნებს ყოფენ მსუბუქ (30 კგ-მდე მასით) და მძიმე (30 – 100 კგ) სატკეპნებად, რომლებსაც ტკეპნის დროს იჭერენ ხელით მუშა მდგომარეობაში. ერთ-ერთ ხელით სატკეპნის სქემა მრუდმხარა-ბარბაცა მექანიზმით მოცემულია ნახ. 7.1 – ზე.

ბარბაცას ქვედა თავი სახსრულად არის შეერთებული მოძრავ ჭიქასთან 2, რომელშიც ორ ზამბარას 3 შორის ჩატყერილია სატკეპნის ორგანოს 4 მიღტუნი. ჭიქის მოძრაობის მიმართულებას უზრუნველყოფს კორპუსის 5 შიგა ზედაპირი.



ნახ. 7.1. ვიბრაციული ხელით სატკეპნის სქემა

ვიბროსატკეპნების დიდი ჯგუფი აღჭურვილია ცენტრიდანული ვიბროამგზნებებით. ორლილვიანი ცენტრიდანული ვიბროამგზნებებით აღჭურვილი სატკეპნები ნაჩვენებია ნახ. 7.2-ზე. ფსკერი 2 (ნახ. 7. 2 ა, ბ, გ) პერიოდულად ხტება გრუნტ 3-ზე და დაცემისას ტკეპნის მას; ვიბროამგზნები 1 ხისტად არის მიერთებული ფსკერთან; სატკეპნელა მისაბმელი მოწყობილობით 4 მიერთებულია



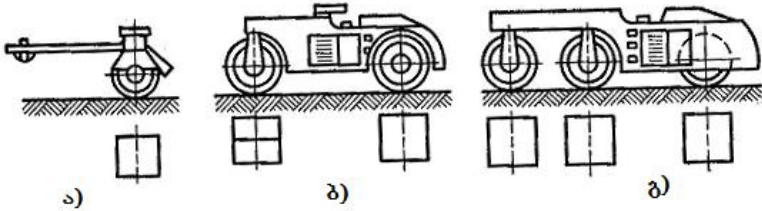
ნახ.7.2. ვიბრაციული სატკეპნების სქემები ცენტრიდანული ვიბროაღმგზნებებით

წევასთან. დამატებითი ტვირთი 5 დაკავშირებულია ფსკერთან ზამბარებით 6. ამ ტვირთის სახით შეიძლება იყოს ვიბროაღმგზნების ძრავი და ამ შემთხვევაში ირჩევენ დაბალი სიხისტის ზამბარებს ვიბროიზოლაციის მიზნით. აქ დასამატებელია

7.3. ვიბრაციული საგორავიანი სატკეპნები

ვიბრაციული საგორავები იყოფიან: თვითმავალი და მისაბმელიანი. მისაბმელიან საგორავებს უპირატესად იყენებენ გზებისა და აეროდრომების მშენებლობის დროს გრუნტის გამკვრივებისათვის, მიწის ნაყარის ან კაშხლის აგებისთვის და ა.შ. ისინი მნიშვნელოვნად ეფექტურებია სტატიკური მოქმედების საგორავებთან შედარებით, რაც შესაძლებლობას იძლევა გამოყენებულ იქნან უფრო მსუბუქი საგორავები და გამწვევები და ზრდიან მათ მანევრულობას.

ანსხვავებენ მსუბუქ მისაბმელ სატკეპნებს 4 ტონამდე მასით, საშუალოს – 4 – 8 ტ და მძიმეს – 8 ტ-ზე ზევით. პრაქტიკულად ყველა მისაბმელ ვიბრაციულ სატკეპნებში დაყენებულია ცენტრიდა-



ნახ.7.3. თვითმავალი ვიბრაციული საგორავიანი სატკეპნის სქემები

ნული ვიბროამგზნებები, უფრო მეტად – ერთლილვიანი დებალანსური, წრიული აღმგზნები ძალით.

თვითმავალი ვიბრაციული სატკეპნები გამოიყენება ღორღიანი, ხრეშიანი და ასვალტბეტონიანი გზების და მსგავსი ზედაპირების საძირკვლისა და საფარის გამკვრივებისათვის.

ვალცების რიცხვისა და განლაგების მიხედვით თვითმავალი ვიბრაციული სატკეპნები შეიძლება დაიყოს ერთვალციანებად ხელის მართვით (ნახ. 7.3ა), ორვალციანი ორი ღერძით (ნახ. 7.3ბ), სამვალციანი სამი ღერძით (ნახ. 7.3გ).

თვითმავალ ვიბრაციულ სატკეპნს აქვს ხისტი ჩარჩო, რომელზედაც დამონტაჟებულია ვალცები, ძრავი, წამყვანი ვალცების ამძრავისა და ვიბროამგზნების ტრანსმისია, საჭის მართვა, ვიბროვალცების ვიბროსაიზოლაციო საკიდები, მოწყობილობა ვალცების ზედაპირების გასუფთავებისა და დასველებისათვის, მუხრუჭი.

სატკეპნის მწარმოებლობა მნიშვნელოვანწილად დამოკიდებულია მის სიჩქარეზე ტკეპნის დროს.

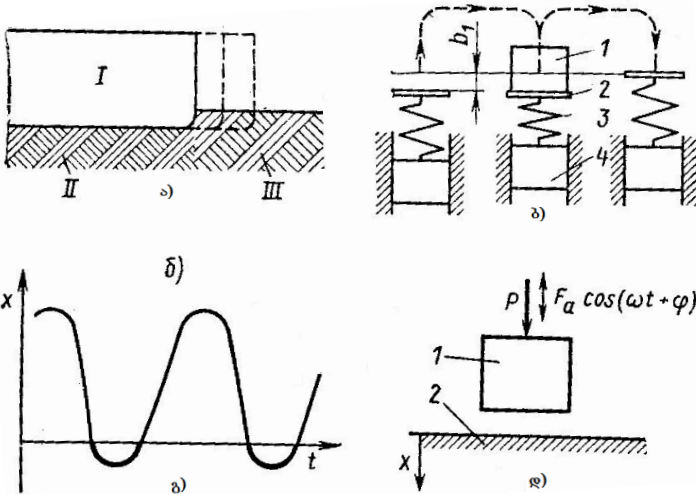
7.4. დარტყმით-ვიბრაციული გამამკვრივებელი მანქანის მუშაობის სქემა

პრაქტიკულად ყველა, გრუნტის გამამკვრივებელი ვიბრაციული მანქანები მუშაობენ დარტყმით-ვიბრაციულ რეჟიმში. ამ მანქანების მუშა ორგანოს მოძრაობა ერთი პერიოდის განმავლობაში შეიძლება გაიყოს ორ ეტაპად: მოძრაობა ჰაერში და მოძრაობა გასამკვრივებელ მასალასთან კონტაქტში.

უმარტივესი ვიბრაციული სატკეპნი (ნახ. 7.2ა) შეიძლება წარმოვადგინოთ მყარი სხეულის სახით, რომელიც, იძულებითი ძალის მოქმედების შედეგად ყოველი ახტომის და დაცემის შემდეგ რამდენადმე გადაადგილდება გაუმკვრივებელი გრუნტის მიმართულებით (ნახ. 7.4ა – I - მუშა ორგანო, II - მკვრივი გრუნტი, III - ფხვიერი გრუნტი).

დრეკად-პლასტიკური მასის გამკვრივების პროცესის მარტივი მოდელი მოყვანილია ნახ.7.3ბ-ზე. სატკეპნის მუშა ორგანო 1 ზღუდეზე 2 დარტყმის შემდეგ ახდენს ზამბარის 3 დეფორმაციას, რომელიც მეორე ბოლოთი მიერთებულია ძელაკთან 4, რომელიც შეკავებულია კულონის ხახუნის ძალით.

როდესაც ზამბარის ძალა გადააჭარბებს ხახუნის ძალას ძელაკი წაიწევა ქვევით. როდესაც მუშა ორგანო დაიწეებს შემდეგ ნახტომს ძელაკი დარჩება ადგილზე, ხოლო ზამბარა აღიდგენს თავის საწყის სიგრძეს. ზღუდის 2 მაქსიმალური დაწევა შესდგება დრეკადი დეფორმაციისგან (ზამბარის შეკუმშვა) და ნარჩენი დეფორმაციისგან (ძელაკის წაწევა). ნახ. 7.3გ-ზე მოყვანილია მუშა ორგანოს გადაადგილების ვერტიკალური მდგენელის ოსცილოგრამა



ნახ. 7.4. ვიბროსატკეპნის მუშაობის მოდელი გრუნტზედარტემის პირობებში

შემთხვევისათვის, როდესაც დარტემების სიხშირე ტოლია იძულებითი მოქმედების სიხშირისა; სქელი მრუდით აღნიშნულია მუშა ორგანოს მოძრაობა გრუნტის ზედაპირთან კონტაქტის შენარჩუნების ეტაპზე.

დარტემით-ვიბრაციული სატკეპნი მანქანის დინამიკაზე გრუნტის გავლენა შეიძლება გათვალისწინებულ იქნას საწყისი და საბოლოო პირობების მოცემით მისი გრუნტთან კონტაქტში მოძრაობის ეტაპზე და ამ კონტაქტის ხანგრძლივობით Δt . საანგარიშო სქემაზე (ნახ. 7.4დ), რომელიც ითვალისწინებს მხოლოდ m მასის მანქანის 1 მოძრაობის ვერტიკალურ მდგენელს, მანქანაზე მოდებულია იძულებითი ძალა $F \cos(\omega t + \varphi)$ და მუდმივი ძალა P (სიმძიმის ძალა).

მანქანა პერიოდულად ახდენს დარტყმას ზღუდეზე
 2. მისი მოძრაობა ჰაერში შეიძლება აღიწეროს
 დიფერენციალური განტოლებით

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = P + F \cos(\omega t + \varphi),$$

სადაც x - მანქანის კოორდინატაა, t - დრო.

8. ვიბრაციული წისქვილები და სამსხვრეველები

8.1. შესავალი

სამთამადნო ქანების დამუშავების და
 გამდიდრების ტექნოლოგიურ პროცესებში და
 სამშენებლო მასალების დამუშავებაში ფართო
 გამოყენებას პოულობენ ვიბრაციული
 სამსხვრეველები და ვიბრაციული წისქვილები
 მარცვლოვანი და დიდი ზომის ნატეხი მასალების
 დამსხვრევისა და დაფქვისათვის; ამასთან
 დასამუშავებელი მასალები არ უნდა ხასიათებოდნენ
 წებოვნობით.

8.2. ვიბრაციული წისქვილები

ვიბრაციული წისქვილი (ნახ.8.2) წარმოადგენს
 კამერას, რომელსაც გადაეცემა ვიბრაცია
 თავისუფალი ვარდნის აჩქარებაზე რამდენიმეჯერ
 დიდი აჩქარებით. კამერა შევსებულია
 დასამუშავებელი მასალით და აუცილებლობის
 შემთხვევაში, სპეციალური დამამუშავებელი

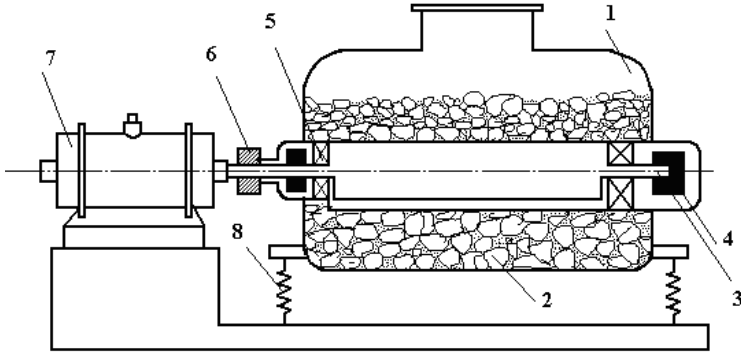
სხეულებით (ბურთულები, ცილინდრები, ღერძები, ტრუბები და ა.შ.), ასევე სითხიანი ან გაზიანი გარემოთი. ურთიერთშეჯახებული ნაწილაკების კონტაქტის წერტილებში აღმოცენდება მაღალი მექანიკური დაძაბულობა, რის შედეგადაც მიიღწევა გარკვეული ტექნოლოგიური ეფექტი.

ვიბრაციულ წისქვილებს იყენებენ ძირითადად სხვადასხვა სახის მყარი სხეულების დაქუცმაცებისათვის: მსხვილნაჭრებიანი სხეულების თვითდაქუცმაცება, წვრილი მსხვრევა, დაფქვა, ასევე სხვა სახის ტექნოლოგიური ოპერაციებისათვის-ფხვნილების და სხვა ნაკეთობების ზედაპირული დამუშავება, სხვადასხვაგვარ ფხვნილებს შორის და სხვადასხვა სითხეებს შორის ქიმიური და ფიზიკური ურთიერთქმედების განხორციელება და ა.შ.

ვიბრაციულ წისქვილებში შესაძლებელია ასევე კომბინაციური პროცესების ჩატარება, რომლის დროსაც დასამუშავებელი მასალა ერთდროულად ექცევა მექანიკური და თბური ზემოქმედების ქვეშ (მაგ. დაქუცმაცება გაშრობასთან ერთად).

მარტივი, ერთდოლიანი ვიბრაციული წისქვილის სქემა დებალანსური ინერციული ამძრავით მოცემულია ნახ. 8.2-ზე. იგი შედგება: კონტეინერისაგან 1, რომელიც შევსებულია დამქუცმაცებელი სხეულებით 2, რომელთა სახითაც ხშირად ინერციული ბურთულები გამოიყენებიან; ექსცენტრიკული ლილვების 3 ბოლოებზე განლაგებულია დებალანსები 4, რომლებიც თავის მხრივ საკისრებით მიერთებულია კონტეინერთან.

ინერციული ვიბრატორის ლილვის ბრუნვა ხორციელდება ელასტიკური ქუროს 6-ის საშუალებით 7 ელექტროამძრავიდან; კონტეინერი იდგმება



ნახ. 8.2. ვიბრაციული წისქვილის სქემა

ჩარჩოზე დრეკადი ელემენტებით 8. ინერციული ვიბრატორის ლილვის ბრუნვით კონტეინერი მოდის რხევით მოძრაობაში, ამასთან რხევის ფორმა არსებითად დამოკიდებულია დრეკადი სისტემის პარამეტრებისაგან. კონტეინერის ვიბრაციის გავლენით ბურთულები მოდიან სწრაფ რხევით მოძრაობაში და ერთდროულად მთელი დამფქვავი სხეულებისა და დასაფქვავი პროდუქტის მასები ასრულებენ შენელებულ წრიულ გადაადგილებას. პროდუქტის რღვევა (დაფქვა) მიიღწევა დამფქვავი სხეულების და დასაფქვავი მასალის ურთიერთ-ფარდობითი გადაადგილებით დარტყმებისა, გაჭყლეტისა და ცვეთის შედეგად.

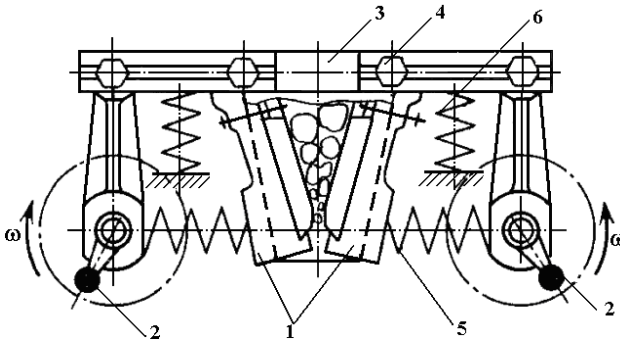
8.3. ვიბრაციული სამსხვრეველები

სამსხვრეველა არის მოწყობილობა, სადაც ხდება მყარ სხეულებზე მექანიკური ზემოქმედება მათი მცირე ზომის ნაჭრებად დაშლა-დარღვევის მიზნით.

სამსხვრეველები ნაჭრების სიდიდის მიხედვით პირობითად შეიძლება დაიყოს: 1) მსხვილი

მსხვრევის (დასამუშავებელი მასალის ზომები: 600-1000 მმ, დამუშავებული პროდუქტის ზომები: 100-300 მმ); 2) საშუალო მსხვრევის (დასამუშავებელი მასალის ზომები: 100-300 მმ, დამუშავებული პროდუქტის ზომები: 25-100 მმ); 3) მცირე მსხვრევის (დამუშავებული მასალის ზომები: 50-100 მმ, დამუშავებული პროდუქტის ზომები: 1-25 მმ).

ნახ. 8.3-ზე ნაჩვენებია სამსხვრეველას სქემა ორი მოძრავი ყბით-1, რომლებიც დაკიდებულია ჩარჩო 3-ზე. ყბები მოძრაობაში მოდიან დებალანსური ვიბრამძრავებით 2; ქანის მსხვრევა ხორციელდება მოძრავ ყბებს შორის; 4 - ტორსული დრეკადი ელემენტები; 5-ზამბარული დრეკადი ელემენტები; 6 - ვიბროსაიზოლაციო საყრდენები.



ნახ. 8.3. სამსხვრეველა ორი მოძრავი ყბით

9. მანქანები დეტალების ვიბრაციული დამუშავებისათვის

9.1. შესავალი

ვიბრაციულ დამუშავებას იყენებენ როგორც მოსაპირკეთებელ ოპერაციას. ეს არის გარკვეული გარემოთი (შემავსებელი და მუშა სითხე) შევსებულ მუშა კამერაში მოთავსებული დეტალების ზედაპირის ნაწილის, ან მთელი ზედაპირის დამუშავების ხერხი, როდესაც გარემო ინტენსიურად (ვიბრაციის ზემოქმედების შედეგად) მოძრაობს დეტალების მიმართ. ვიბრაციულ დამუშავებას იყენებენ სხმულის დეფექტის და დეტალების კოროზიისგან გასუფთავებისა და ფხაურების მოსახსნელად, მახვილი წიბურების მოსამრგვალებლად, მოცულობითი ხეხვის, გაპრიალების, ზედაპირების განმტკიცებისათვის.

ვიბრაციული დამუშავების ფართო დანერგვას ხელს უწყობს ის, რომ იზრდება მწარმოებლობა 2-დან (მახვილი ნაწიბურების მომრგვალება) 5-ჯერამდე (მოცულობითი გაპრიალება). საკმაოდ ადვილია პროცესის ავტომატიზაცია. ვიბრაციული დამუშავების მეთოდის გამოყენება სამთო ტექნოლოგიურ პროცესებში დაკავშირებულია ძვირფასი ქვების და ლითონების გასუფთავება – გაპრიალებასთან.

9.2. ვიბრაციული დამუშავების ტექნოლოგიური პროცესის არსი.

აბრაზიული დამუშავება. მუშა კამერას ავსებენ

აბრაზიული მასით და დეტალებით, შეფარდებით 1:1 - დან (დიდი, მასიური დეტალებისთვის) 1:4 - მდე (წვრილი, თხელკედლიანი დეტალებისთვის).

ვიბრაციული დამუშავებისთვის იყენებენ ხელოვნურ და ბუნებრივ აბრაზიულ მასალებს. ხელოვნური აბრაზიული მასალებიდან იყენებენ ელექტროკორუნდს (თეთრი და ნორმალური), კაუჩის კარბიდს (მწვანე და შავი), სამსხმელო წიდას და სხვა. ბუნებრივი აბრაზიული მასალებიდან იყენებენ კვარცის სახეობებს, გრანიტს, ბაზალტს და სხვა. აბრაზიულ მასალებს იყენებენ სხვადასხვა ზომის და ფორმის ნაფხვენების სახით.

გარდა მყარი შემავსებლებისა, არსებით როლს თამაშობს თხევადი შემავსებელი. უბრალო წყალიც კი მწარმოებლობას ზრდის 2-3-ჯერ. თხევადი შემავსებლების საფუძველს უმეტეს შემთხვევაში წარმოადგენენ წყლის ტუტე, მჟავა და მარილის ხსნარები.

დამუშავების დროს მოხსნილი მეტალის რაოდენობა (გრ.) სხვადასხვა პარამეტრებისგან დამოკიდებულებით, გამოითვლება ემპირიული ფორმულით [1]

$$Q = \frac{3,8A^{1,25} t K_n K_\theta K_G K_d K_v}{(HB)^{0,91}},$$

სადაც A - გადაადგილების ამპლიტუდა, მმ; t - დამუშავების ხანგრძლივობა, წთ; K - შემასწორებელი კოეფიციენტები, რომლებიც ასახავენ რხევის სიხშირის (K_n), აბრაზივის მარცვლოვნობის (K_θ), დეტალის წონის (K_G), მუშა გარემოს გრანულაციის (K_d), მუშა კამერის ჩატვირთვის მოცულობის (K_v) გავლენას.

ვიბრაციული განმტკიცება. ვიბრაციული განმტკიცების დროს აბრაზიული მარცვლების ნაცვლად მუშა კამერას ავსებენ 4-6 მმ დიამეტრის ფოლადის ბურთულებით. ბურთულები უნდა იყოს გაპრიალებული, სუფთა და უდეფექტო. კამერაში მუშა სითხის შემცველობა მისი პერიოდულად გამორეცხვისას არ უნდა აღემატებოდეს მოცულობის 5%-ს.

ზედაპირული განმტკიცება ნაწილობრივ ან მთლიანად ამცირებს დეტალების გამძლეობისათვის მავნებელ კონსტრუქციული კონცენტრატორების, დანაფარების, კოროზიული გარემოს გავლენებს და მახვილი ჩანაჭრების (ნაკაწრების) ლიკვიდაციის გზით უზრუნველყოფს ზედაპირის ყველაზე უფრო ხელსაყრელ მიკრორელიეფს. დეტალების გამძლეობა იზრდება 2 – 8 - ჯერ მექანიკურად დამუშავებულ ზედაპირებთან შედარებით. რეკომენდირებულია სამუშაო რეჟიმები 10-15გ აჩქარებით და 0,3-1 მ/წმ სიჩქარით; ამ რეჟიმების რეალიზაცია ხდება დანადგარებში, რომლებიც ვიბრირებენ 10 - 40 ჰც სიხშირით და 2 - 6 მმ ამპლიტუდით.

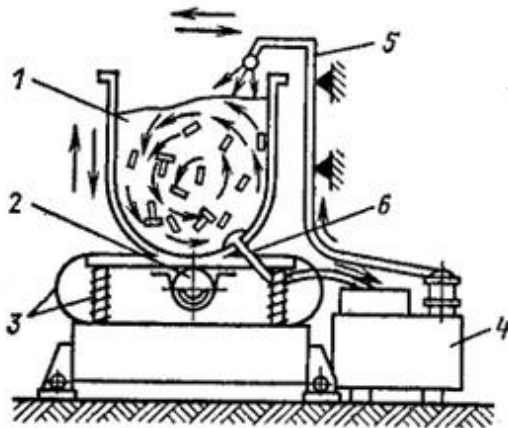
პრაქტიკაში ზოგჯერ აერთიანებენ ვიბროხეხვას და ვიბროგანმტკიცებას ვიბროკამერის შევსებით ნაწილობრივ აბრაზივით და ნაწილობრივ ფოლადის ბურთულებით.

9.3. მანქანების ძირითადი ტიპები

ვიბრაციული დანადგარები მუშა კამერების ბრტყელი მოძრაობით. ამ მანქანების დამახასიათებელი ნიშანია ის, რომ კონსტრუქცია საშუალებას იძლევა განხორციელდეს რხევა სიბრტყეში. ამ პრინციპის მანქანების უფრო

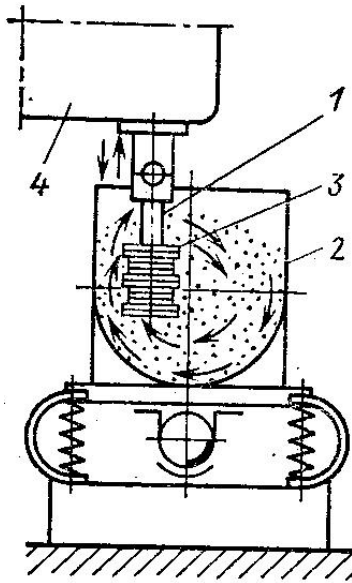
ფართოდ გაერცელებული კონსტრუქცია ნაჩვენებია ნახ. 9.1-ზე, რომელიც შესდგება შემდეგი კვანძებისაგან: 1 - მუშა კამერა; 2 - ვიბროამპრაჟი; 3 - დრეკადი დაკიდების სისტემა; 4 - მუშა სითხის გასუფთავების და მიწოდების სისტემა; 5 და 6 - მუშა სითხის მიყვანის და გამოყვანის შლანგები.

ძალიან ხშირად დრეკადი დაკიდება ხორციელდება ცილინდრული ზამბარებით, ხოლო ამპრაჟის სახით იყენებენ დებალანსურ ვიბროამპრაჟს; ღერძზე ერთნაირად არიან განლაგებული ორი დებალანსი, რაც უზრუნველყოფს ბრტყელ მოძრაობას. მუშა კამერის განივი კვეთის ფორმა ჩვეულებრივად U ფორმისაა (ნახ. 9.3ა), მაგრამ უფრო ინტენსიური დამუშავება ხორციელდება, როდესაც ხდება მუშა ნარევის დამატებითი შეჯახება (ნახ. 9.3ბ). იგივე მიზანს ემსახურება დამატებითი ეკრანიც 1 (ნახ. 9.3გ).



ნახ. 9.1. ვიბრაციული დამუშავების მანქანის სქემა

შპინდელური ვიბროდამუშავება. ასეთი დამუშავების დროს დასამუშავებელ დეტალს 3 (ნახ. 9.2) ან დეტალების პაკეტს ამაგრებენ შპინდელზე 1, რომელსაც აქვს დამოუკიდებელი ამძრავი 4. დეტალები ბრუნავენ კონტეინერის 2 მუშა გარემოში, რომელიც ახორციელებს რხევით მოძრაობას. შპინდელური ვიბრაციული დამუშავება საშუალებას იძლევა განხორციელდეს სახეხ-მოსაპრიალებელი, მოსაპირკეთებელ - განმამტკიცებელი და სხვა

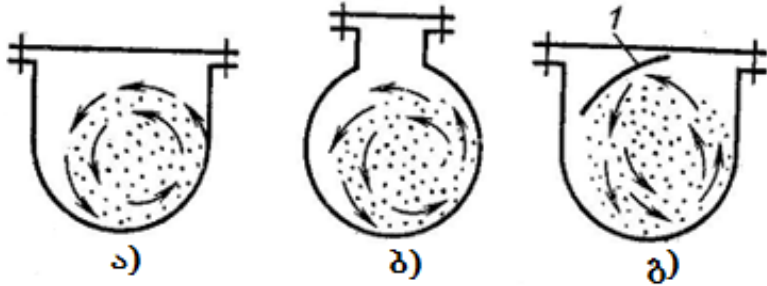


ნახ.9.2. შპინდელური ვიბრაციული დამუშავება

ოპერაციები. დამუშავების ინტენსივობა იზრდება დამუშავების ფარდობითი სიჩქარის გაზრდის საშუალებით.

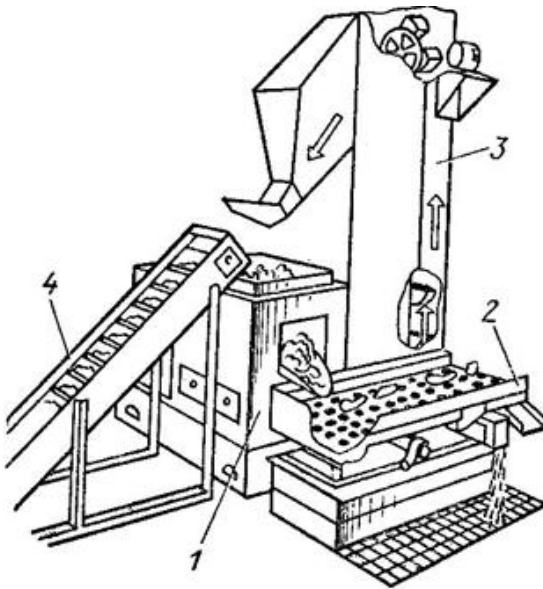
დამუშავების ავტომატიზაცია. ვიბრაციული დამუშავების პროცესის მექანიზაციის და

ავტომატიზაციის განხორციელება ადვილი შესაძლებელია. ნახ. 9.4 – ზე მაგალითის სახით მოყვანილია მექანიზირებული ვიბრაციული დანადგარი 1 დეტალების აბრაზივისგან



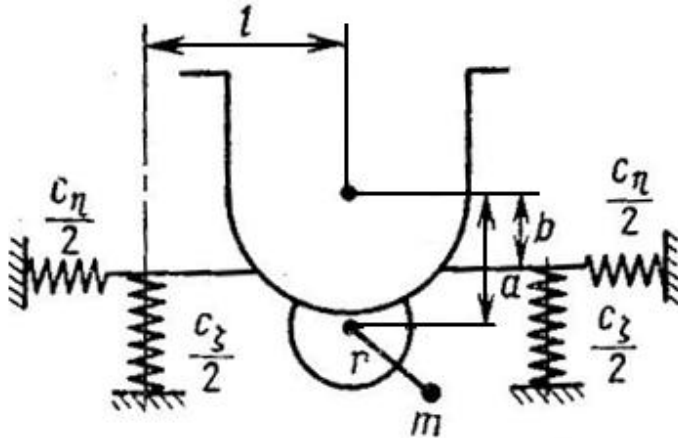
ნახ. 9.3. მუშა კამერების განივი კვეთის ფორმები

განმაცალკევებელი მექანიზმით 2, კონტეინერში შემავსებლების დაბრუნების მექანიზმით 3 და დეტალების ახალი პარტიის მიმწოდებლით 4.



ნახ. 10.4. ვიბრაციული დამუშავების ავტომატური დანადგარი

ვიბრაციული დამუშავების მანქანის დინამიკა. დინამიკური გაანგარიშების ამოცანას შეადგენს დანადგარის ისეთი პარამეტრების შერჩევა, რომლებიც უზრუნველყოფენ აუცილებელ ამპლიტუდას და სიხშირეს. ნახ. 9.5-ზე ნაჩვენებია სქემა, რომლის მიხედვითაც ხდება მუშა კამერის სიბრტყეში მოძრაობის გაანგარიშება.



ნახ. 9.5 მანქანის დინამიკის საანგარიშო სქემა მუშა კამერის მოძრაობით

პრაქტიკული გაანგარიშებისათვის საკმარის სიზუსტეს იძლევა შემდეგი წრფივ განტოლებათა სისტემის ამოხსნა

$$\left. \begin{aligned} M \ddot{\xi} + c_{\xi} \dot{\xi} &= m r \omega^2 \sin \omega t; \\ M \ddot{\eta} + c_{\eta} \dot{\eta} &= m r \omega^2 \cos \omega t; \\ J \ddot{\varphi} + c_{\xi} \varphi l + c_{\eta} \varphi b &= m r a \omega^2 \cos \omega t, \end{aligned} \right\}$$

სადაც M, J – მასა და ინერციის მომენტი რხევითი მასის ცენტრალური ღერძის მიმართ; C_{ξ}, C_{η} – ჯამური სიხისტე η და ξ მიმართულებებით.

10. უხვიერი მასების ფიზიკური პროცესების ინტენსიფიკაციის ვიბრაციული აპარატები

10.1. შესავალი

ერთფაზიან და მრავალფაზიან სისტემებში მიმდინარე ფიზიკური პროცესების და ქიმიური რეაქციების ინტენსიფიკაციის ვიბრაციული მეთოდები სულ უფრო ფართო გამოყენებას პოულობენ მრეწველობის მრავალ სფეროში. პროცესების ინტენსიფიკაცია გამოიხატება როგორც მათი მიმდინარეობის დაჩქარებაში, ასევე ურთიერთმოქმედი ნივთიერებების უფრო სრულ გამოყენებაში. აპარატურის და ტექნოლოგიის რაციონალური შერჩევისას მიიღწევა პროდუქციის ხარისხის მნიშვნელოვანი ამაღლება და შრომატევადობისა და თვითღირებულების შემცირება. ფიზიკური პროცესების და ქიმიური რეაქციების ინტენსიფიკირებას ახდენენ სხვადასხვა ვიბრაციული მანქანებისა და აპარატების დახმარებით; ამასთან ხშირად აერთიანებენ ორ ან რამდენიმე ტექნოლოგიურ ოპერაციას. ნაკეთობებისა და დეტალების ვიბრაციული დამუშავების მანქანებზე ახორციელებენ რიგ ქიმიკო-ვიბრაციულ და თერმო-ვიბრაციულ პროცესებს.

თერმო-ვიბრაციული დამუშავების დროს ახდენენ თერმული დამუშავების პროცესის შეთავსებას დეტალების ზედაპირულ განმტკიცებასთან. რიგ შემთხვევებში დასამუშავებელ დეტალს დამატებით აკრავენ სხვა მეტალის თხელ ფენას, რომელიც დაქუცმაცებული სახით წინასწარ შეყავთ მანქანის მუშა კამერაში. ასეთი ხერხით შეიძლება მიღებულ იქნას თხელი დაფარვა ალუმინით, სპილენძით და სხვა მეტალებით, რაც უზრუნველყოფს ფოლადის დეტალების კოროზიულ მდგრადობას და გამძლეობის ზღვრის გაზრდას მაღალი ტენიანობისა და მნიშვნელოვანი ტემპერატურის დროს.

ვიბრაციით ინტენსიფიცირებული ფიზიკური პროცესებისა და ქიმიური რეაქციების დიდი ნაწილის რეალიზაცია ხდება სპეციალურ ვიბრაციულ აპარატებში. ამ აპარატებიდან უფრო მეტი მნიშვნელობა აქვთ აპარატებს, რომლებიც ახორციელებენ ფხვიერი ნივთიერებების ფენის ვიბროდუდილის პროცესს ჰაერის ან სხვა გაზის გარემოში და აპარატებს, რომლებშიც ხდება სუსპენზიის, ემულსიის და სითხეებში გაზის ბუშტულების ნაკადების ერთმანეთში ვიბრაციული შერევა.

10.2. ფხვიერი მასალის მდულარე ფენის შესაქმნელი აპარატები

მრავალი	ტექნოლოგიური	პროცესის
განხორციელება	ჩვეულებრივ	მდულარე და
ვიბრომდულარე	ფენაში იწვევს	პროცესების
მნიშვნელოვან	აჩქარებას,	ხარისხობრივი
მაჩვენებლების	გაზრდას,	აპარატურის ზომების

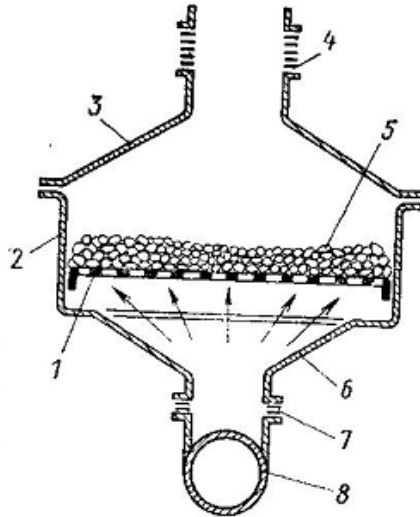
შემცირებას. ვიბრომდულარე ფენას აქვს რიგი უპირატესობები ჩვეულებრივ მდულარე ფენასთან შედარებით (ფხვიერი მასალის ყოფნა განშრევებულ მდგომარეობაში ზევით მიმართულ გაზის ან სითხის ნაკადში), მათ შორის: ა) გაზის ან სითხის ნაკადით წვრილი ნაწილაკების გამოტანის მკვეთრი შემცირება ან მთლიანად აღმოფხვრა ბ) ვაკუუმში ტექნოლოგიური პროცესების, ისევე როგორც ფხვიერი მასის კომპონენტებს შორის ინტენსიური ურთიერთმოქმედების განხორციელება.

უფრო ხშირად გაზის გარემოში ფხვიერი მასალის ვიბროდულილის ფენას იყენებენ სითბოსა და მასათა ცვლის ისეთ პროცესებში, როგორიცაა გაციება, გაცხელება და შრობა. ამასთან, სითბოგადაცემის მაღალი დონე მიიღწევა აპარატის კამერაში ფხვიერი მასალის ცირკულაციური მოძრაობის შემთხვევაში. არსებობენ სითბოს კონდუქციური, კონვენციური და რადიაციული გადაცემის ვიბრაციული აპარატები. ნახ. 10.1-ზე ნაჩვენებია გაციების, გახურების და შრობის აპარატი სითბოს კონვექციური გადაცემით.

ფხვიერი მასალის ფენა 5 გადაადგილება გადაადგილებით ვიბრაციულ ღარზე 2 პერფორირებული ფსკერით 1. ღარის ქვედა ნაწილი შესდგება რიგი ძაბრებისაგან 6, ხოლო ზედა – გადმოყირავებული ძაბრებისაგან 3. გამაციებელი ან გამახურებელი გაზის ნაკადი მოეწოდება კოლექტორებიდან 8 ელასტიური სახელოებიდან ნახვრეტში 7, შემდეგ იგი გადის ფსკერის პერფორაციის და მასალის ვიბრომდულარე ფენის გავლით და მიდის გარეთ ელასტიური სახელოების 4 გავლით.

10.3. აპარატები სუსპენზიების და სითხეების შერევისათვის

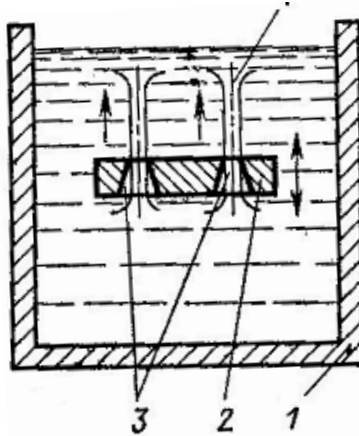
ვიბრაციულმა ზემოქმედებმა შეიძლება არსებითად დააჩქაროს პროცესები, რომლებიც მიმდინარეობენ თხევად გადამტან გარემოში სხვადასხვა ფაზების სასაზღვრო ზედაპირებზე, ე.ი. სუსპენზიის და ემულსიის ტიპის ნარევებში და



ნახ. 10.1. სითბოს გადაცემის კონვექციური აპარატი

სითხეებში გაზის ბუშტულებიან ნაკადებში. ამ მიზნებისთვის გამოყენებას პოულობენ ვიბრაციული ზემოქმედების სხვადასხვა ხერხები.

ჭავლის წარმოქმნისათვის სითხიან ჭურჭელში 1 (ნახ. 10. 2) ჩაძირავენ დისკს 2, რომელიც ასრულებს ვიბრაციულ მოძრაობას ვერტიკალური მიმართულებით. დისკს აქვს კონუსური ფორმის ნახვრეტები 3. ასეთი ნახვრეტები უწევენ

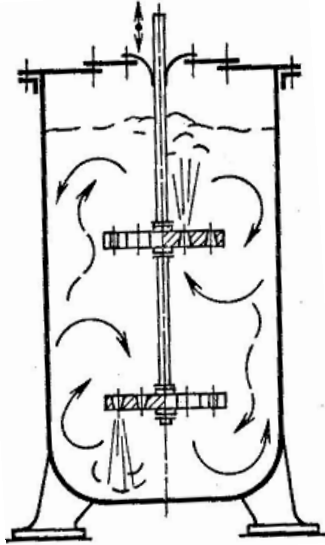


ნახ. 10.2. დატბორილი ტურბულენტური ნაკადების ვიბრაციული აგზნების სქემა

გაცილებით დიდ წინააღმდეგობას სითხის დინებას გაფართოვების მიმართულებით, ვიდრე შევიწროვების მიმართულებით. ამის მეშვეობით დისკის სიმეტრიული ვიბრაციის დროს ნახვრეტის ვიწრო გამოსასვლელიდან გამოიტყორცნება კონუსის განიერი მხრიდან შემოსული ნაკადი 4. აღწერილ მოვლენას უწოდებენ ვიბროჭავლურ ეფექტს.

გამოდენილი ტურბულენტული ჭავლები, როგორც ცნობილია, თანდათანობით ფართოვებიან გამოსვლის ადგილიდან დაშორების მიხედვით და კარგავენ სიჩქარეს.

აპარატის კამერას ჩვეულებრივად აქვს ცილინდრული ფორმა. ფსკერი შეიძლება იყოს ბრტყელი, ნახევრადსფერული და ა.შ. კამერაში ჩადგმულია ვერტიკალური ჭოკი მასზე მიმაგრებული დისკებით. ზევიდან ჭოკი შეერთებულია ვიბროამ-



ნახ. 10.3. აპარატის სქემა ორი პერფორირებული დისკით ერთ ჭოკზე

ძრავთან, რომელიც მას გადასცემს ვიბრაციებს 25-100 ჰც სიხშირით. დისკებს აქვს მნიშვნელოვანი რაოდენობის კონუსური ფორმის პერფორაციები. ნახვრეტების შევიწროვება და შესაბამისად, ჭავლები შეიძლება მიმართული იყოს როგორც ზევით, ისე ქვევით. ინტენსიური შერევა მიმდინარეობს, როდესაც დისკების მოძრაობის სიჩქარე ტოლია დაახლოებით 0,5 მ/წმ.

ვიბრაციული ამძრავების სახით იყენებენ ერთტაქტიან ელექტრომაგნიტურ ვიბროამგზნებებს ან მრუმხარა-ბარბაცა მექანიზმებს.

თხევადი მასების ინტენსიური ვიბრაციული შერევის აპარატები ეფექტურია მრავალი ტექნოლოგიური პროცესის განხორციელებისათვის, მათ შორის გამოტუტვა, ცემენტაცია, სორბციული და ექსტრაქციული პროცესები, სითხეების და სუსპენზიების გაზებთან ურთიერთმოქმედების პროცესები. აპარატებში ინტენსიური ვიბრაციული შერევით მიმდინარე პროცესებისათვის დამახასიათებელი ნიშანია დიდი სიჩქარე და მიმდინარეობის სისრულე.

11. ზოგიერთი ვიბრაციული მოწყობილობები

11.1. გრუნტის დამუშავების და გაფხვიერების მოწყობილობები

ძალიან მტკიცე, მათ შორის გაყინული გრუნტების დამუშავებისა და გაფხვიერებისათვის გამოიყენებიან რიგი აგრეგატებისა დარტყმით-ვიბრაციული შემსრულებელი ორგანოებით. აგრეგატის საბაზო მანქანა შეიძლება იყოს საწევარი, სკრეპერი, ბულდოზერი, ქვანახშირის კომბაინი, თვითმავალი ამწე, ექსკავატორი და ა.შ. დარტყმით-ვიბრაციულ შემსრულებელ ორგანოს შეიძლება ჰქონდეს საფხვიერებელი სოლის, ციცხვის, რანდა-გუთნის და ა.შ. ფორმა.

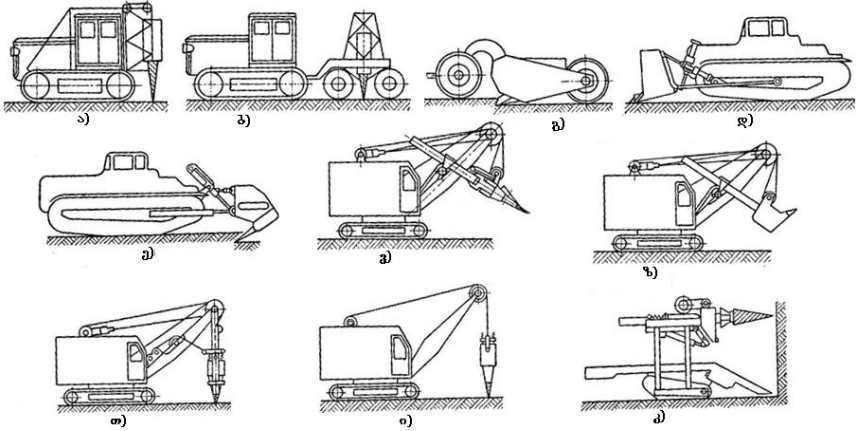
ნახ. 11.1 –ზე მოყვანილია აგრეგატების სქემები, რომლებიც შედგენილია სხვადასხვა საბაზო მანქანებისა და დარტყმით-ვიბრაციული

შემსრულებელი ორგანოებისაგან: ა) - დარტყმით-ვიბრაციული სოლი, რომელიც დაკიდებულია ტრაქტორზე; ბ) - ასეთივე სოლი ტრაქტორის მისაბმელ ურიკაზე; გ) - სკრეპერი დარტყმით-ვიბრაციული მჭრელი ნაწიბურით; დ) - ბუღდოხერი დარტყმით-ვიბრაციული დანით; ე) - საწვეარი დარტყმით-ვიბრაციული საფხვიერებლით; ვ) - ექსკავატორი ისარზე დაკიდებული დარტყმით-ვიბრაციული სოლით; ზ) - ექსკავატორი დარტყმით-ვიბრაციული კბილებით ადჭურვილი ციცხვით; თ), ი) - ექსკავატორზე დაკიდებული დარტყმით-ვიბრაციული სოლები; კ) - დარტყმით-ვიბრაციული კომბაინი.

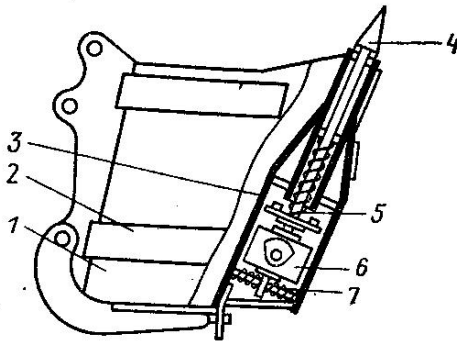
ნახ. 11.2-ზე მოყანილია ციცხვის კონსტრუქციული სქემა დარტყმით-ვიბრაციული კბილებით. ციცხვის კორპუსი 1 გაძლიერებულია სიხისტის ქამრებით 2. ციცხვის ღრუ წინა კედელთან 3 განლაგებულია დებალანსური ვიბროაღმგზნები 6 საცემლებით და ზამბარული საკიდებით 7, შტანგები 5 გრდემლებით და უკუქცევითი ზამბარებით. შტანგის ბოლოები შეერთებულია კბილებთან 4.

11.2. მიწისქვეშა კომუნიკაციების გასაყვანი მოწყობილობები

მიწისქვეშა კომუნიკაციების გაყვანისას ხშირად არის მონაკვეთები, სადაც არ შეიძლება ან არ არის მიზანშეწონილი ტრანშეის ამოთხრა; მაგალითად, როდესაც კომუნიკაციები გადის საგზაო მაგისტრალის, ნაგებობის და ა.შ. ქვეშ. ამ შემთხვევაში გამოყენებას პოულობენ არადარტყმით-ვიბრაციული და დარტყმით-ვიბრაციული მოქმედების



ნახ. 11.1. გრუნტის დასამუშავებელი ვიბრაციული აგრეგატები



ნახ.13.2. დარტყმით-ვიბრაციული კბილებიანი ციცხვის სქემა

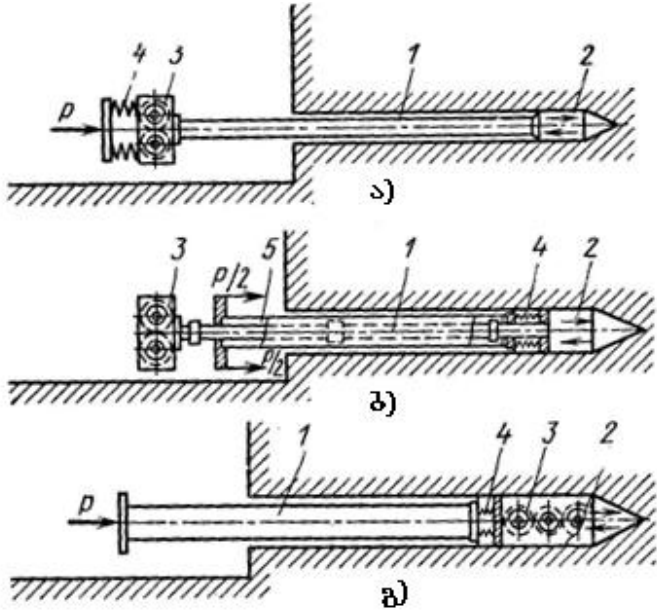
სახვრეტი და სამტვრევი აგრეგატები. არადარტყმითი-ვიბრაციული გახვრეტის აგრეგატების ზოგიერთი სქემები გამოსახულია ნახ. 11.3-ზე. სახვრეტი ტრუბა 1 (ნახ.11.3ა-გ) უშუალოდ ან შუალედური

ელემენტებით დაკავშირებულია ბუნიკებთან 2. გამოყენებულია მიმართული მოქმედების დებალანსური ვიბროამგზნები 3. ნახ. 11.3ა-ზე მოცემული სქემის მიხედვით ვიბროამგზნები ხისტად მიერთებულია ტრუმის ტორსთან, ხოლო გასახვრეტი ძალა გადაეცემა ტრუმას და მასთან ხისტად მიერთებულ ბუნიკს ზამბარით 4. ნახ. 11.3 ბ –ზე მოცემული სქემით ბუნიკს ვიბრაციას გადასცემს შტანგა, რომელიც გადის ტრუმის შიგნით, ხოლო სახვრეტი ძალა მოდებულია ტრუმის ტორსზე და გადაეცემა ბუნიკს ზამბარით 4.

11.3. ნატეხი და ფხვიერი მასალების ჩატვირთვის და განტვირთვის მანქანები

გაყინული ფხვიერმასალებიანი ნახევრადვაგონების განტვირთვის მექანიზაციის საშუალებებს შორის ვიბრაციულ მეთოდს აქვს რიგი არსებითი უპირატესობებისა: მნიშვნელოვანი სიჩქარე და განტვირთვის დაბალი ღირებულება, მუშაობის შესაძლებლობა მოძრავი შემადგენლობისადმი ზიანის მიყენების გარეშე.

უმარტივესი ვიბრაციული განმტვირთავი შეიცავს ორლილვიან დებალანსურ ვიბროამგზნებს ჩაშენებული ასინქრონული ელექტროძრავებით, რომელიც ხისტად არის შეერთებული ფილასთან და რომელიც თავის მხრივ შეიცავს საფხვიერებელ ძელაკებს. ვიბროსაიზოლაციო საკიდების საშუალებით მანქანას დაკიდებენ ამწის კავზე, რომელიც მას დგამს გადმოსატვირთი ფხვიერი

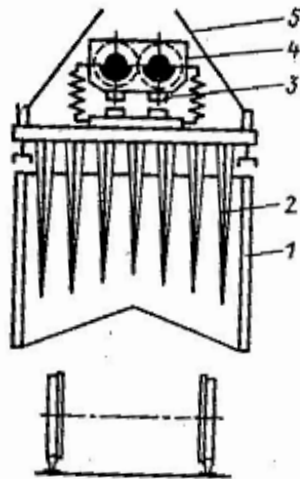


ნახ. 11.3. გრუნტის არადარტყმითი ვიბრაციული
გასახვრეტი აგრეგატების სქემები.

მასალის ზედაპირზე ნახევრადვაგონის ლუკების გახსნის შემდეგ რთავენ ვიბროამბუნებს, ძელაკები ჩაიფლობიან გაყინულ მასალაში და იწვევენ მის დაქუცმაცებას, გაფხვიერებას და ჩამოცვენას ლიუკებში. ნახევრადვაგონის ერთი უბნის განტვირთვის შემდეგ მანქანას გადადგამენ შემდეგ უბანზე. ორი ელექტროძრავის ჯამური 40 კვტ სიმძლავრის, იძულებითი $20 \cdot 10^3$ კგძ ძალის, 1440 რს/წთ სიხშირის და 5 ტ მასით ვიბრაციული განმტვირთავი უზრუნველყოფს 60-120 ტ/სთ გაყინული, ნაკლებად ტენიანი მასალის გადმოტვირთვას.

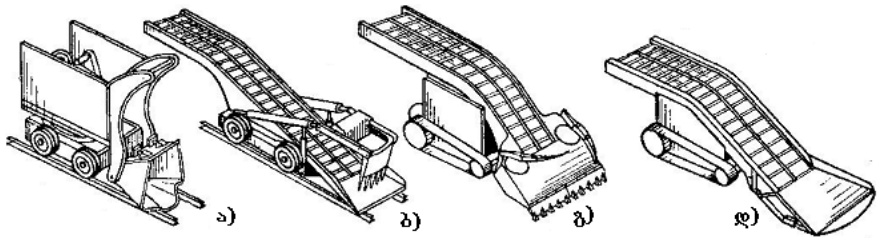
დარტყმით-ვიბრაციული განმტვირთავი ერთ-ერთი მანქანის სქემა ნაჩვენებია ნახ. 11.4-ზე. ვიბროდამგზნები 4 ზამბარებით დაკავშირებულია ფილასთან, რომელიც ატარებს ძელაკებს 2, აფხვიერებს გაყინულ ტვირთს ნახევრად ვაგონში 1. ბაგირების 5 საშუალებით ამწე აყენებს მანქანას საჭირო ადგილზე. ვიბროდამგზნების მუშაობა იწვევს საცემელის 3 პერიოდულ დარტყმებს ფილის გრდემლებზე. გაწყობის მიხედვით საცემელების დარტყმები შეიძლება მიმდინარეობდეს ან ერთდროულად ან რიგრიგობით.

ვიბრაციის გამოყენება ნატეხი მასალების (მადანი, ფუჭი ქანები, ნახშირი, ხრეში და ა. შ.)



ნახ. 11.4. განმტვირთავი მანქანის სქემა

ჩატვირთვისათვის ამცირებს შემსრულებელი ორგანოს ჩანერგვის წინააღმდეგობას ჩასაფლობ მასალაში, რაც საშუალებას იძლევა შემცირდეს ჩამტვირთავი მანქანების მასა და გაიზარდოს მათი მწარმოებლობა. ჩამტვირთავი მანქანების სქემები მოყვანილია ნახ. 11.5: ა)-ვიბრაციული ამოსახაპავი ციცხვით; ბ) - ვიბრაციული სახვევით; გ) გვერდითი სანიჩბე თათებით და ვიბრაციული წვერით; დ) - ვიბრაციული ღარით.



ნახ. 11.5. ჩამტვირთავი მანქანების სქემები

12. ვიბროამძრავების ზოგიერთი სახეები

12.1. შესავალი

პრაქტიკის მოთხოვნებისგან დამოკიდებულებით ერთი ან რამდენიმე ვიბროამგზნებით შექმნილი იძულებითი ზემოქმედება, რომელსაც ვიბრაციულ მოძრაობაში მოჰყავს საერთო შემსრულებელი ორგანო, შეიძლება იყოს ერთ-, ორ- ან სამგანზომილებიანი; ამასთან, ვიბროამგზნებს შეუძლია ერთდროულად გამოიწვიოს ორი

სხვადასხვა იძულებითი ზემოქმედება – ძალის და მომენტის სახით.

მიმართულს უწოდებენ ერთგანზომილებიან იძულებით ზემოქმედებას, რომლის ვექტორსაც აქვს უცვლელი მიმართულება და რხევითი მოდული (სიგრძე). **წრიულს** უწოდებენ იძულებით ზემოქმედებას, რომლის ვექტორიც თანაბრად ბრუნავს და აქვს უცვლელი მოდული. აღნიშნულის ანალოგიურად წერტილის ვიბრაციას ასევე უწოდებენ მიმართულს ან წრიულს მისი სიჩქარის ვექტორის ქცევის შესაბამისად.

ტექნოლოგიის ან ცდების მოთხოვნებიდან გამომდინარე, შეიძლება გამოყენებულ იქნას არადარტყმითი ვიბრაციული ზემოქმედება, ან დარტყმით-ვიბრაციული ზემოქმედება, როდესაც ინერციული ელემენტის ვიბრაციული მოძრაობა მიმდინარეობს ერთი მეორის მიყოლებითი დარტყმებით.

ვიბრაციულ მანქანებში და მოწყობილობებში გამოიყენებიან ძირითადად შემდეგი სახის ვიბროამპრაფები: ცენტრიდანული, ელექტრომაგნიტური, ელექტროდინამიკური, კინემატიკური, ჰიდრაულიკური, პნევმატიკური, მაგნიტოსტრიქციული, პიეზოელექტრული და სხვა.

განვიხილოთ ზოგიერთი, პრაქტიკაში უფრო მეტად გამოყენებული ვიბროამგზნებები.

12.2. ცენტრიდანული ვიბროამგზნებები

ცენტრიდანული ვიბროამგზნებები წარმოადგენენ ინერციულ ვიბროამგზნებებს ინერციული ელემენტების ბრუნვითი მოძრაობით.

განასხვავებენ დებალანსურ და პლანეტარულ ცენტრიდანულ ვიბროაღმგზნებებს. დებალანსური ვიბროაღმგზნების ინერციული ელემენტი, ანუ დებალანსი დაყენებულია ვიბროაღმგზნების კორპუსთან დაკავშირებულ საკისარში და არ არის გაწონასწორებული ამ საკისრის ბრუნვის ღერძის მიმართ. დებალანსის ბრუნვას ახორციელებს ამძრავი.

სტატიკური გაუწონასწორებლობა აღმოცენდება, როდესაც ინერციული ელემენტი ბრუნავს ღერძის ირგვლივ, რომელიც ინერციის ერთ-ერთი მთავარი ღერძის პარალელურია. სტატიკური გაუწონასწორებლობის საზომად ითვლება მასის სტატიკური მომენტი (დისბალანსი) $D = m_0 r$, სადაც m_0 – ინერციული ელემენტის მასა; r – ამ მასის ცენტრის რადიუს-ვექტორი ბრუნვის ღერძის მიმართ.

ინერციული მასის ბრუნვისას კუთხური ω სიჩქარით წარმოიშობა ცენტრიდანული ძალა

$$F = D \omega^2 = m_0 r \omega^2.$$

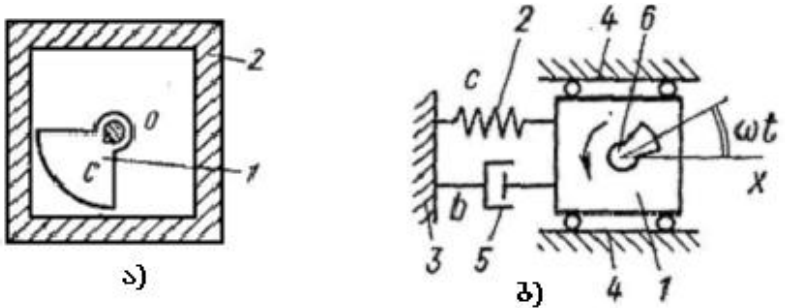
პლანეტარულ ვიბროაღმგზნებში ინერციული ელემენტი, რომელსაც ამ შემთხვევაში უწოდებენ მორბედს, შემოგორდება სარბენ ღარში და შესაბამისად, ასრულებს ორ მოძრაობას: შემოგორებას და საკუთარ ბრუნვას, რომლებიც დაკავშირებული არიან განსაზღვრული გადამცემი თანაფარდობით. ერთ-ერთს ამ მოძრაობებიდან იწვევს ამძრავი.

ტექნოლოგიური მიზნით გამოიყენებული ყველა ტიპის ვიბროაღმგზნებებიდან, ცენტრიდანული ვიბროაღმგზნებები ყველაზე მეტად არიან

გავრცელებული. მათი უპირატესობა მდგომარეობს კონსტრუქციის სიმარტივეში, დაბალ ღირებულებაში, აღმგზნები ძალის ამპლიტუდის ვიბროამგზნების მასასთან ძალიან მაღალი თანაფარდობის მიღწევის შესაძლებლობაში (>100 კგ/კგ), გენერირებული ვიბრაციის ფართო დიაპაზონში (დაახლოებით 0,01 – 1000 ჰც ზღვრებში), ვიბრაციის სიხშირის მდორე ან საფეხუროვან რეგულირებაში და ა. შ. მათ ნაკლოვანებებს განეკუთვნება: შედარებით დაბალი რესურსი, რომელიც დიდად არის დამოკიდებული გამოყენებული მასალებისა და ნაკეთობების ხარისხისაგან, დეტალების დამზადებისა და აწყობის სიზუსტისაგან, სწორი ექსპლოატაციისა და მოვლისაგან; ამგზნები ძალის სიხშირისა და ამპლიტუდის დამოუკიდებელი რეგულირების სიძნელე; შედარებით ხანგრძლივი გარდამავალი პროცესი გამორბენის დროს.

ნახ.12.1-ზე ნაჩვენებია ცენტრიდანული ვიბროამგზნებების ბრტყელი სქემები ერთი ინერციული ელემენტით, რომლებიც ხასიათდებიან მხოლოდ სტატიკური გაუწონასწორებლობით. დებალანსური ვიბროამგზნები (ნახ.12.1ა) შესდგება დებალანსისგან 1 (რომლის მასის ცენტრი განლაგებულია C წერტილში); იგი ხისტადაა დაკავშირებული ლილვთან, რომელიც ბრუნავს O დერძის ირგვლივ, კორპუსთან 2 შეერთებულ საკისრებში. დებალანსის მიერ განვითარებული ინერციული ძალა გადაეცემა კორპუსს საკისრების საშუალებით.

ნახ. 12.1ბ -ზე ნაჩვენებია ცენტრიდანული ვიბროამგზნების დინამიკური სქემა ერთი თავისუფლების ხარისხით. შემსრულებელი ორგანო 1, რომელიც მოძრაობს იდეალურ



ნახ. 12.1. ცენტრიდანული ვიბროამგზნების სქემები: ა) - ბრტყელი სქემა, ბ) - საანგარიშო სქემა

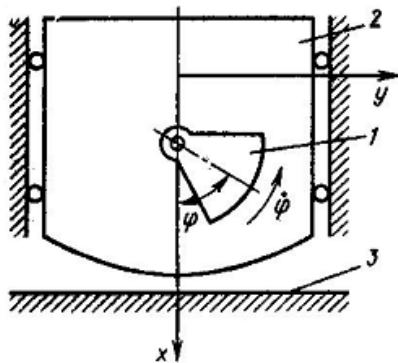
მიმართე-ელებში 4, x ღერძის გასწვრივ დებალანსის 6 ზემოქმედებით, დაკავშირებულია უძრავ სადგართან 3 ზამბართ 2 სიხისტის კოეფიციენტით c და დემპფერით 5 წინააღმდეგობის კოეფიციენტით b .

ვიბროამგზნების კორპუსის სხვა სხეულზე შეჯახების დროს ხდება დებალანსის კუთხური სიჩქარის ნახტომისებური ცვლილება. ნახ. 12.2 - ზე დებალანსის 1 ბრუნვა იწვევს კორპუსი 2 - ის რხევას, რომელიც ახდენს შეჯახებას უძრავ, აბსოლუტურად ხისტ შემზღუდელთან 3. დარტემის მყისიერად ჩათვლის შემთხვევაში ბრუნვის ღერძის მიმართ დებალანსის იმპულსის მომენტის ნაზრდის გამოსახულებას ექნება სახე

$$J_c \Delta \dot{\varphi} = m_0 r (\Delta u_x \sin \varphi_0 - \Delta u_y \cos \varphi_0),$$

სადაც J_c - დებალანსის ინერციის ცენტრალური მომენტი; φ_0 - მისი ფაზა დარტემის მომენტში, რომელიც აითვლება ბრუნვის მიმართულებით x ღერძის დადებითი

მიმართულებიდან; $\Delta\dot{\varphi}$ - დებალანსის კუთხური სიჩქარის ნახტომი დარტყმის დროს; $\Delta u_x, \Delta u_y$ - მასის ცენტრის აბსოლუტური სიჩქარის გეგმილების



ნახ.12.2. შემზღუდელებზე დარტყმებით ცენტრიდანული ვიბროაღმგზნების საანგარიშო სქემა

მყისიერი ცვლილებები დარტყმის დროს. რადგანაც

$$\Delta u_x = -(1+R)v - r\Delta\dot{\varphi} \sin \varphi_0, \quad \Delta u_y = r\Delta\dot{\varphi} \cos \varphi_0,$$

სადაც v - კორპუსის დარტყმითი სიჩქარე, ე.ი. მისი სიჩქარე უშუალოდ დარტყმის წინ; R - კორპუსის სიჩქარის აღდგენის კოეფიციენტი დარტყმის დროს, მაშინ დებალანსის კუთხური სიჩქარის ნახტომი დარტყმის მომენტში

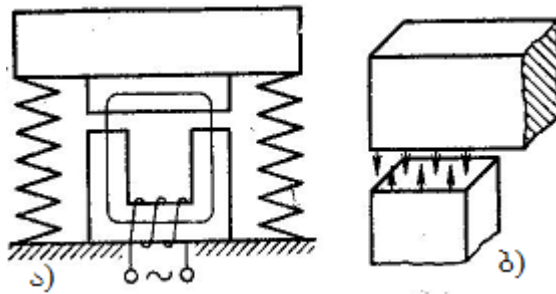
$$\Delta\dot{\varphi} = -\frac{m_0 r v (1+R) \sin \varphi_0}{J},$$

სადაც დებალანსის ინერციის მომენტი ბრუნვის ღერძის მიმართ $J = J_c + m_0 r^2$

12.3. ელექტრომაგნიტური ვიბროამგზნებები

ელექტრომაგნიტურ ვიბროამგზნებებში აღმგზნები ძალები წარმოიშობიან ფერომაგნიტურ სხეულებზე დროში ცვლადი მაგნიტრი ველის ზემოქმედების შედეგად. ასეთი სისტემის მაგალითი ნაჩვენებია ნახ. 12.3-ზე.

სისტემა შესდგება ელექტრომაგნიტის გულარისგან გრაგნილით, ღუზისაგან და დრეკად ელემენტებზე დაყრდნობილი სხეულისაგან, რომელთანაც ხისტად არის დაკავშირებული ღუზა. როდესაც გრაგნილში გაედინება დენი, აღიძვრება მაგნიტური ველი, რომლის ძალური ხაზები იკვრება. მაგნიტურ ველში გულარის და ღუზის



ნახ. 12.3. ელექტრომაგნიტური ვიბროამგზნები.

ტორსულ კვეთში მოქმედებენ ზედაპირული ძალები, როგორც ეს ნახ. 12.3ბ-ზეა ნაჩვენები. თუ დენი ცვლადია, მაშინ დატვირთვა იცვლება დროში და

იწვევს ღუზის და მასთან დაკავშირებული სხეულის, მაგალითად მუშა ორგანოს რხევას.

ელექტრომაგნიტური ვიბროამგზნებების ძირითადი ღირსებებია: 1) ვიბრაციის ამპლიტუდის რეგულირების სიმარტივე და მისი რეგულირების შესაძლებლობა ექსპლოატაციის პირობებში, რაც შესაძლებლობას იძლევა ჩაერთოს ელექტრომაგნიტური მოწყობილობები სისტემებში მწარმოებლობის ავტომატური რეგულირებით; 2) საიმედოობა და ხანგამძლეობა, რაც განპირობებულია ვიბროამგზნებში ხახუნის წყვილების არარსებობით; 3) ერთ ვიბრომანქანაში რამდენიმე, ერთდროულად მოქმედი ვიბროამგზნების გამოყენების შესაძლებლობა სინქრონიზაციის უზრუნველყოფის სპეციალური ზომების გამოყენების გარეშე.

ამ ვიბროამგზნებებს აქვს ზოგიერთი ნაკლოვანებები: 1) შედარებით დიდია მათი მასა, რომელიც მოდის შექმნილი ძალის ამპლიტუდის ერთეულზე; 2) ელექტროტექნიკური მასალების და ზამბარული ფოლადის დიდი ხარჯი; 3) ვიბრაციის ამპლიტუდის მნიშვნელოვანი ცვლილება დატვირთვის ცვლილების დროს (მუშა ორგანიზე დასამუშავებელი ან გადასატანი მასალების მასა); 4) გადაადგილების მცირე ამპლიტუდე; მისი სიდიდე შეზღუდულია საჰაერო ღრეჩოს დასაშვები მნიშვნელობით ღუზასა და ელექტრომაგნიტის გულარს შორის.

ჩამოთვლილი ღირსებები და ნაკლოვანებები განსაზღვრავენ სიხშირის და ძალის ამპლიტუდის ყველაზე უფრო რაციონალურ მნიშვნელობებს და აგრეთვე ამ მოწყობილობების გამოყენების სფეროებს ტექნიკაში. გადაადგილების მცირე

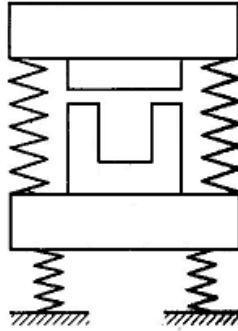
ამპლიტუდის დროს სიხშირე უნდა იყოს საკმაოდ დიდი (ამის გარეშე დაუშვებლად მცირე იქნება აჩქარება და მუშა პროცესის ინტენსივობა).

ამჟამად გამოყენებაში მყოფი უმრავლესი ელექტრომაგნიტური ვიბროამგზნებების სიხშირე შეადგენს 50 ჰც.

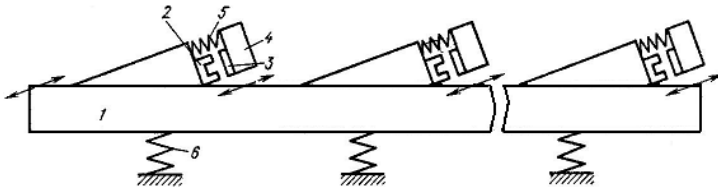
ყველაზე უფრო დიდი ელექტრომაგნიტური ვიბროამგზნებების მიერ შექმნილი ძალის ამპლიტუდა შეადგენს დაახლოებით $5 \cdot 10^3$ კგძ.

მოწყობილობების ამპლიტუდის და მწარმოებლობის რეგულირების სიადვილის გამო ელექტრომაგნიტურმა ვიბროამგზნებებმა უფრო მეტი გამოყენება მოიპოვეს ვიბრომკვებავების სახით: მანქანათმშენებლობაში დეტალების მიწოდებისათვის; სამთო, გამამდიდრებელ და კვების მრეწველობაში ტექნოლოგიურ აპარატებში ფხვიერი მასალების მიწოდებისათვის; მათ ასევე იყენებენ ვიბროკონვეიერებში და ვიბროელევატორებში.

მოცემულ სისტემაში (ნახ. 12.3) გულარის მხრიდან საძირკველს გადაეცემა ელექტრომაგნიტის მიერ შექმნილი დინამიკური ძალა; უფრო დიდი ძალები მოქმედებენ რეზონანსული რეჟიმის დროს დრეკადი საყრდენების მხრიდან. ვინაიდან ეს დაუშვებელია, ამიტომ გულარს და დრეკად სისტემას ამაგრებენ დამატებით სხეულთან, ე.წ. რეაქტიულ მასასთან და მთელ მოწყობილობას აყენებენ რბილ საყრდენებზე – ზამბარებზე (ნახ. 12. 4). ამ შემთხვევაში რხევას ახორციელებენ როგორც მუშა ორგანო ღუზით, ასევე რეაქტიული მასა გულარით. მუშა ორგანოსთან შეიძლება იყოს დაკავშირებული ელექტრომაგნიტის გულარი, მაშინ ღუზას მიართებენ რეაქტიულ მასასთან. ანალოგიურად არიან მოწყობილი მრავალამძრავიანი



ნახ. 12.4. ელექტრომაგნიტური ვიბროამგზნები რეაქტიული მასით



ნახ.12.5. მრავალამქრავიანი ვიბრომანქანა ელექტრომაგნიტური ვიბროამგზნებებით

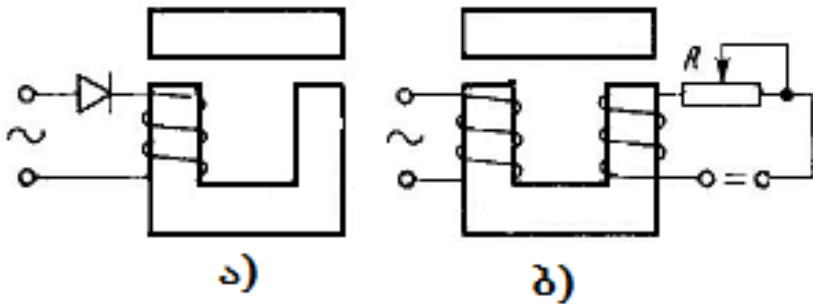
მანქანები, მაგალითად ვიბროკონვეიერები (ნახ. 12.5). სურათზე აღნიშნულია: 1 – მუშა ორგანო (ტრუბა ან ღარი), 2 – გულარები, 3 – ელექტრომაგნიტების ღუზები, 4 – რეაქტიული მასები, 5 – ვიბროამგზნებების დრეკადი სისტემები, 6 – რბილი საყრდენები (ან საკიდები).

ელექტრული სქემები. ცვლადი დენის ქსელთან მიერთებულ ერთგრაგნილიალ ვიბროამგზნებებს (ნახ.12.1) უწოდებენ რეაქტიულს და იყენებენ ვიბრაციის აგზნებისათვის, რომლის სიხშირე ორჯერ მეტია ქსელის სიხშირეზე. ვიბრაციის

აგზნებისათვის ქსელის სიხშირით იყენებენ ელექტრომაგნიტებს გრაგნილებით, სადაც გადის გამართული ან მუდმივი დენი (ნახ.12.6). ყველაზე მარტივი სქემები აქვთ ვიბროამგზნებებს, რომლებიც იკვებებიან ქსელიდან გამართველის საშუალებით (ნახ.12.6 ა) და შემავნიტებით მუდმივი დენის წყაროდან (ნახ. 12.6 ბ).

12.4. იძულებითი და კინემატიკური ვიბროამგზნებები

აღნიშნული ტიპის ბიბროამგზნებების წამყვან რგოლს აქვს სრულიად განსაზღვრული მოძრაობა,



ნახ.12.6. ელექტრომაგნიტური ვიბროამგზნებები:– გამართველით, ბ) – შემავნიტებით მუდმივი დენის წყაროდან

რომელიც დამოკიდებულია მხოლოდ მექანიზმების გეომეტრიული ზომებისაგან (მრუდმხარას ექსცენტრისიტეტისაგან).

ვიბროამგზნები გადასცემს ვიბრომანქანას ენერგიას, რომელიც აუცილებელია შინაგანი დანაკარგების გადალახვისა და სასარგებლო

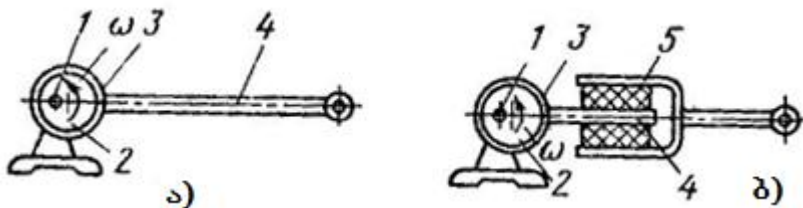
მუშაობის შესრულებისათვის, უზრუნველყოფს მის გაშვებას და მუშა რეჟიმის შენარჩუნებას.

კლასიფიკაცია. კინემატიკური ვიბროამგზნებები იყოფიან ექსცენტრიკულ ამძრავებად დრეკადი ბარბაცათი და ამძრავი დემპფერით. იძულებით ვიბროამგზნებებს აქვთ ხისტი ბარბაცა.

ანსხვავებენ ამძრავებს რხევის რეგულირებადი და არარეგულირებადი ამპლიტუდით. რეგულირებადი ამძრავები თავის მხრივ იყოფიან ამძრავებად, რომლებიც რეგულირდებიან მანქანის გაუჩერებლად და ამძრავებად, რომლებიც რეგულირდებიან მანქანის არამუშა მდგომარეობის დროს. რეგულირების ხასიათის მიხედვით ანსხვავებენ ამძრავებს მდორე და საფეხუროვანი რეგულირებით.

იძულებითი და კინემატიკური ვიბროამგზნებები შეიძლება გამოყენებულ იქნან სწორხაზოვანი ჰარმონიული და ბიჰარმონიული რხევების შექმნისათვის, ასევე – ელიფსური რხევების აგზნებისათვის.

მუშაობის სხვადასხვა პირობების შესაბამისად,



ნახ. 12.7. კინემატიკური ა) და იძულებითი ბ) ვიბროამგზნებების პრინციპული სქემები

იძულებითი და კინემატიკური ვიბროამძრავები პრინციპულად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან.

იძულებითმა ვიბროამგზნებმა უნდა გადასცეს მუშა ორგანოს კინემატიკურად განსაზღვრული მოძრაობა, ხოლო კინემატიკური ვიბროამგზნების სემთხვევაში მუშა ორგანოს მოძრაობის ხასიათი განისაზღვრება თვითონ მანქანის პარამეტრებით, მისი მასით და დრეკადი კავშირების სიხისტით.

აღნიშნულთან დაკავშირებით, იძულებით ვიბროამგზნებში იყენებენ ექსცენტრიკულ მექანიზმს, რომლის ბარბაცას ბოლოს, რომელიც დაყენებულია მუშა ორგანიზე, აქვს კინემატიკურად განსაზღვრული მოძრაობა. ამ შემთხვევაში იყენებენ ხისტ ბარბაცას და ამძრავის ლილვს უძრავად დაყენებენ კონვეიერის ჩარჩოზე.

კინემატიკურმა ვიბროამგზნებმა არ უნდა შეუქმნას ხისტი კავშირები მანქანის მუშა ორგანოს მოძრაობას, ამიტომ ამძრავის მექანიზმში მოძრაობის აუცილებელი ხარისხის მისაღებად შეყავთ დეფორმაციული ელემენტები.

იძულებითი ვიბროამგზნების პრინციპული სქემა ნაჩვენებია ნახ.12.7ა-ზე. ლილვზე 1 დასმულია ექსცენტრიკი 2, რომელიც შემოჭერილია ბარბაცას 4 ცალკულით 3; ბარბაცას თავისუფალი ბოლო სახსრულად მიმაგრებულია მანქანის მუშა ორგანოსთან.

უმარტივესი კინემატიკური ვიბროამგზნების პრინციპული მოწყობილობა ნაჩვენებია ნახ. 12.7ბ - ზე. იგი განსხვავდება იძულებითი ვიბროამგზნებისაგან მხოლოდ იმით, რომ ბარბაცა შეიცავს დრეკად ელემენტს 5.

12.5. ჰიდრაულიკური ვიბროამგზნებები

მოქმედების პრინციპი. ჰიდრაულიკური ვიბროამგზნებები გადასცემენ რხევას ვიბრომანქანის მუშა ორგანოს ან მუშა სითხის პულსირებული წყაროს გამოყენებით, ან მუდმივი ხარჯის მუშა სითხის ნაკადის წყვეტით მკვეთარა მოწყობილობის გამოყენების გზით. მკვეთარა მოწყობილობით შეიძლება იმართოს ან გარე ამძრავი, ან თვითონ ვიბროამგზნები მისი შემსრულებელი ორგანოს მდგომარეობის შესაბამისად.

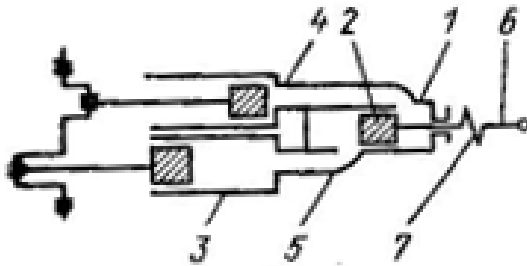
კლასიფიკაცია. მოქმედების პრინციპის მიხედვით ჰიდრაულიკური ვიბროამგზნებები იყოფიან: პულსატორული, ავტორხევითი, მიმყოლი, თვითმართვადი.

პულსატორული ტიპის ვიბროამგზნებებში შემსრულებელი ორგანოს (ჰიდროცილინდრის) აღგზნება ხორციელდება პულსირებული დაწნევით, რომელიც იქმნება სითხის პულსირებული ნაკადით. ფართო გავრცელება მოიპოვეს პულსატორულმა ვიბროამგზნებებმა, რომელთაც აქვთ ჩაკეტილი მუშა მოცულობა და ხასიათდებიან მუშა სითხის სადინარის არარსებობით.

ავტორხევით და თვითმართვად ჰიდრაულიკურ ვიბროამგზნებებში პერიოდული იძულებითი ძალა იქმნება მუდმივი წნევის მაგისტრალიდან კვებით, სპეციალური სისტემის არსებობის შედეგად, რომელიც ავტომატურად ახორციელებს მუშა სითხის მიყვანას და არინებას. ჰიდროცილინდრის დგუში თვითონ მართავს გამანაწილებელი მკვეთარას მოძრაობას და ამით უზრუნველყოფს წინსვლით-უკუხვლითი მოძრაობის უწყვეტობას.

მიმყოლი ტიპის ვიბროამგზნებებს აქვთ ხისტი უარყოფითი უკუკავშირი ჰიდროგამანაწილებელსა და მანქანის მუშა ორგანოს შორის.

ჰარმონიული რხევის მისაღები, ორმხრივი მოქმედების, ტუმბო-პულსატორით აღჭურვილი პულსატორული ჰიდრაულიკური ვიბროამგზნების პრინციპული მოწყობილობის სქემა მოცემულია ნახ.12.8 -ზე. მუშა ჰიდროცილინდრში 1 მუშა სითხის დაწნევით, რომელიც მიეწოდება ორდგუშიანი 3 ან სხვა ტიპის პულსატორით, გადაადგილდება დგუში 2. პულსატორი სვლის პირველ ნახევარში მიაწოდებს მუშა სითხეს დგუშის ერთი მხრიდან (მილყელით 4) და ამოტუმბავს მეორე მხრიდან (მილყელით 5). სვლის მეორე ნახევარში სითხის მიწოდების მიმართულება იცვლება. რხევითი სისტემა შეერთებულია ვიბროამგზნების დგუშთან



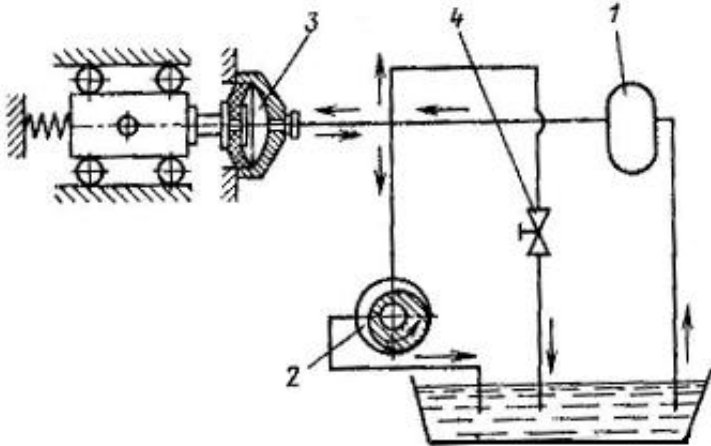
ნახ.12.8. პულსატორული მოქმედების ჰიდრაულიკური ვიბროამგზნების პრინციპული სქემა

ჭოკით 6 და დრეკადი ელემენტით 7. დრეკადი ელემენტი ამ შემთხვევაში საჭიროა სისტემისათვის მოძრაობის აუცილებელი ხარისხის მისანიჭებლად. გარკვეული დამატებითი დრეკადობა იქმნება სითხის

კუმშვადობის შედეგად და შემაერთებელი მილგაყვანილობის (შლანგის) დრეკადობით.

ჰიდრავლიკური მანქანების არსებითი ნაკლოვანებებიდან ერთი - ერთი არის მუშაობის პროცესში ტექნოლოგიური დრეხობებიდან დგუშსა და ცილინდრს, ჭოკსა და გამკვრივებას შორის მუშა სითხის გაჟონვა. სერიოზულ ნაკლოვანებას განეკუთვნება აგრეთვე მუშა სითხის გაცხელება, რაც განპირობებულია მისი მოცულობის ჩაკეტილობით დგუშში პულსატორი - დგუშში ვიბროამგზნების მონაკვეთზე.

ჰიდრავლიკური ვიბროამგზნების პრინციპული სქემა გამოსასვლელზე პულსაციის მქნევარა გენერატორით და დიაფრაგმული შემსრულებელი ცილინდრით ნაჩვენებია ნახ. 12.9-ზე. მუდმივი ან



ნახ.12.9. ჰიდრავლიკური ამძრავის სქემა მკვეთარათი მიმღებ მაგისტრალში და დიაფრაგმული ვიბროამგზნებით

რეგულირებადი მწარმოებლობის ტუმბოდან 1 მუშა სითხე მიეწოდება შემსრულებელი ცილინდრის 3 ღრუში. ჰიდროსისტემის მიმღებ მაგისტრალზე, გამოსასვლელზე დაყენებულია მკვეთარა მბრუნავი საცობით 2. საცობის სპეციალური პროფილით ბრუნვის დროს იცვლება მკვეთარას გამოსასვლელი ხერხედი და შემსრულებელი ცილინდრის ღრუში წარმოიშობა წნევის პულსაცია. პულსაციის სიხშირე რეგულირდება მკვეთარას საცობის ბრუნვის სიჩქარით, ამპლიტუდა რეგულირდება დროსელის 4 დახმარებით ან ტუმბოს მწარმოებლობის ცვლილებით.

ლიტერატურა

- [1]. Вибрации в технике. Справочник в 6 томах. Т.4. М.: Машиностроение, 1991. 509 с.
- [2]. Андреев С.Е. , Зверевич В.В.,Перов В.А. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых . М.: Гостехиздат, 1991, 384 с.
- [3]. Звиадаური В.С. Динамика вибрационных транспортно-технологических машин. Монография, Мецნიერება, Тბილისი, 2001, 190 с.
- [4]. Блехман И.И., Джанелиде Г.Ю. Вибрационное перемещению М.: Наука, 1984, 440 с.
- [5]. Учитель А.Д., Гушин В.В. Вибрационный выпуск горной массы. М., Недра, 1986. 232 с.

Victor S. Zviadauri – Dr. T., Professor

Special Types of the mining Enterprises Transport

Vibratory Machines and Devices

იბეჭდება ავტორთა მიერ წარმოდგენილი სახით

გადაეცა წარმოებას 01.05.2013. ხელმოწერილია
დასაბეჭდად 10.07.2013. ქალაქის ზომა 60X84 1/16.
პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 8. ტირაჟი 50 ეგზ.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“.
თბილისი, კოსტავას 77