



## ვარდნის დროს სხეულის წონის ცვლილებაზე დაკვირვება პოტენციომეტრული სენსორით შექმნილი სისტემით

მარეხ მაზანაშვილი<sup>1</sup>, თეიმურაზ ბერიკაშვილი<sup>2</sup>, ტოლია კილასონია<sup>3</sup>

<sup>1</sup> საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკის და მართვის სისტემების ფაკულტეტის საინჟინრო ფიზიკის დეპარტამენტის დოქტორანტი, +995577091442, [marekhi1978@gmail.com](mailto:marekhi1978@gmail.com)

<sup>2</sup> საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკის და მართვის სისტემების ფაკულტეტის საინჟინრო ფიზიკის დეპარტამენტის ასოცირებული პროფესორი, [berikashvilitteimuraz08@gtu.ge](mailto:berikashvilitteimuraz08@gtu.ge)

<sup>3</sup> საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკის და მართვის სისტემების ფაკულტეტის საინჟინრო ფიზიკის დეპარტამენტის დოქტორანტი, + 995577979481, [tkilasonia1989@gmail.com](mailto:tkilasonia1989@gmail.com)

### რეზიუმე

სენსორები თანამედროვე ტექნოლოგიების ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ნაწილია, რომელიც უზრუნველყოფს მონაცემების აღრიცხვას და გარდაქმნას ციფრულ სიგნალებად. აღნიშნული კვლევის ფარგლებში შეიქმნა ინოვაციური SMART დინამომეტრი, რომელიც გამოიყენება სხეულის ვარდნის პროცესში წონის ცვლილების შესასწავლად.

კვლევის მიზანი იყო ისეთი მოწყობილობის შექმნა, რომელიც ზუსტად მოახდენდა ვარდნის პროცესში ძალების, აჩქარებისა და ჰაერის წინააღმდეგობის ზემოქმედების ანალიზს. SMART დინამომეტრი აგებულია პოტენციომეტრიულ სენსორზე, რომელიც საშუალებას იძლევა, ვარდნის პროცესის რაოდენობრივი მონაცემების მიღებას და მათი ვიზუალიზაციას. SMART დინამომეტრი შედგება ზამბარის, პოტენციომეტრის, მიკროკონტროლერისა და ბლუთუზის მოდულისაგან. პოტენციომეტრი გარდაქმნის ძალას ელექტრულ სიგნალად, რომელიც მიკროკონტროლერის დახმარებით დამუშავდება და ნიუტონებში გამოისახება. მონაცემები ვიზუალიზდება პროგრამა Visual Basic-ის მეშვეობით.

გარკვეული სიმაღლიდან SMART დინამომეტრის ვარდნის შედეგად მიღებული მონაცემები აჩვენებს, რომ სხეული ინერციის გამო პირველ ეტაპზე ინარჩუნებს წონას, ხოლო გარკვეული დროის შემდეგ ხდება წონის 0-ის ტოლი. ექსპერიმენტის შედეგების ვიზუალიზაცია წარმატებით მოხდა გრაფიკული სახით.

ამ კვლევამ აჩვენა, რომ SMART დინამომეტრის გამოყენება შესაძლებელია ფუნდამენტური და პრაქტიკული პრობლემების გადასაჭრელად, რაც მნიშვნელოვნად განაპირობებს მისი ფართო გამოყენების პერსპექტივებს.

**საკვანძო სიტყვები:** პოტენციომეტრი, დინამომეტრი, ვარდნა, მიკროკონტროლერი, ელექტრული სიგნალი, სენსორი, Smart დინამომეტრი.

ბოლო რამოდენიმე ათწლეულია, სულ უფრო ხშირად გვეხვება სენსორი, რომელიც ტექნოლოგიების მიღწევის ერთ-ერთ მთავარ პროდუქტს წარმოადგენს. სენსორული მართვით აღჭურვილ ტექნიკას ახასიათებს მეტი მოქნილობა და სწორედ ამიტომ მომხმარებლის მხრიდან მეტ ინტერესს იწვევს.

სიტყვა სენსორი მომდინარეობს ინგლისური სიტყვიდან - sense, რომელიც ითარგმნება როგორც შეგრძნება/ გრძნობა. ადამიანს 5 გრძნობა გააჩნია, ესაა მხედველობა, სმენა, გემო, ყნოსვა და შეხება. სწორედ ამ 5 გრძნობით აღიქვამს ადამიანი მატერიალურ სამყაროს. ეს აღქმა მნიშვნელოვნად ინდივიდუალურია და დამოკიდებულია არაერთ ფაქტორზე. სწორედ ამიტომ ადამიანი ყოველთვის ისწრაფოდა შემოელო საზომი ერთეულები, გაზომვის ტექნოლოგია და ხელსაწყოები, რომლითაც ამა თუ იმ სიდიდის კონკრეტულ მნიშვნელობას დაადგენდა. ტექნოლოგიების განვითარებასთან ერთად ვითარდებოდა გაზომვის ტექნოლოგიაც, იქმნებოდა საზომი მოწყობილობები მახასიათებლის მიხედვით.

სენსორი/ გარდამქმნელი არის ფიზიკური და ქიმიური პარამეტრის (მნიშვნელობის) უშუალო გაზომვის საშუალება, რომელიც გარდაქმნის კონტროლირებად პარამეტრს (მნიშვნელობას) გაზომვად, ციფრულ, ელექტრულ სიგნალად.

სენსორების გამოყენების სფერო მრავალფეროვანია:

- მრეწველობა და ავტომატიზაცია;
- მეცნიერება და კვლევა;
- ელექტრონიკა და ჰკვიანი მოწყობილობები;
- ჯანდაცვა;
- ტრანსპორტი და ავტონომიური ტექნოლოგიები;
- გარემოს დაცვა და უსაფრთხოება;

ჩემი კვლევის მიზანს წარმოადგენს ახალი სენსორის SMART დინამომეტრი შეიქმნა, სხეულის ვარდნის პროცესში სხეულის წონის ცვლილებაზე დასაკვირვებლად. სხეულის ვარდნის კვლევა არის ფიზიკის ერთ-ერთი ფუნდამენტური ნაწილი, რომელსაც მრავალი პრაქტიკული და თეორიული მნიშვნელობა აქვს. ეს კვლევები მნიშვნელოვანია როგორც ბუნების კანონების შესწავლისთვის, ისე ტექნოლოგიური და ინჟინერული პრობლემების გადასაწყვეტად.

SMART დინამომეტრის დახმარებით შესაძლებელია:

- ვარდნის პროცესში ძალების, აჩქარებისა და მასის ურთიერთქმედების შესწავლა,
- გრავიტაციული აჩქარების ზუსტი გაზომვა სხვადასხვა გეოგრაფიულ ადგილას.
- ვარდნის დროს ჰაერის წინააღმდეგობის ზემოქმედების ანალიზი.
- პარაშუტებისა და საფრენ აპარატების დიზაინის გაუმჯობესება.
- დედამიწისგან მოშორებით სხეულის მოძრაობის პროგნოზირების მოდელების შემუშავება.
- სიმაღლიდან ვარდნილი მასალების ზემოქმედების შესწავლა შენობებზე ან კონსტრუქციებზე.

- ადამიანის სხეულის მოძრაობის ანალიზი რეაბილიტაციის ან ეფექტური სპორტული ტექნიკისთვის.
- სამრეწველო პროცესებში, ვარდნილი ობიექტების ზუსტი მოძრაობის კონტროლი.

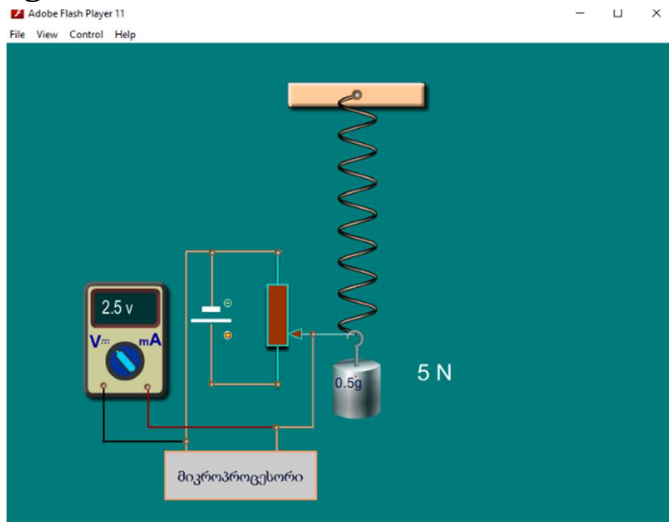
თუ დინამომეტრზე დავკიდებთ ტვირთს, ჩამოვადებთ გარკვეული სიმაღლიდან და დავაკვირდებით ამ პროცესს, ვარდნის პროცესში დინამომეტრის ზამბარა შეიკუმშება, მაგრამ რამდენად სწორად შეგვიძლია შევაფასოთ თვალით, რა მომენტში შეიკუმშა ზამბარა? პროცესი ძალიან სწრაფად მიმდინარეობს, ამიტომ საჭიროა ამ პროცესიდან რაოდენობრივი მონაცემების მიღება და ვიზუალიზაცია.

შესაბამისად, პრობლემის გამოკვეთასთან ერთად ჩნდება საკვლევი შეკითხვები:

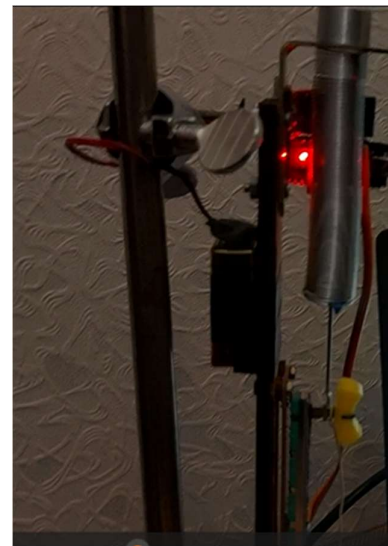
- რა ხერხით არის შესაძლებელი, ციფრული მონაცემების მიღება, რომელიც სხეულის წონის ცვლილების გვაჩვენებს.
- როგორ მოვახდინოთ ზამბარის დეფორმაციის ცვლილება დაფიქსირება და ვიზუალურად გამოსახვა?

აღნიშნული სენსორის SMART დინამომეტრის შექმნა მოხდა ომის კანონის და ჰუკის კანონის კომპლექსური გამოყენებით. შეიქმნა ჯერ ვირტუალურად (სურათი 1 ა, ბ), შემდეგ კი მატერიალური მოდელი.

სურათი 1.



ა)



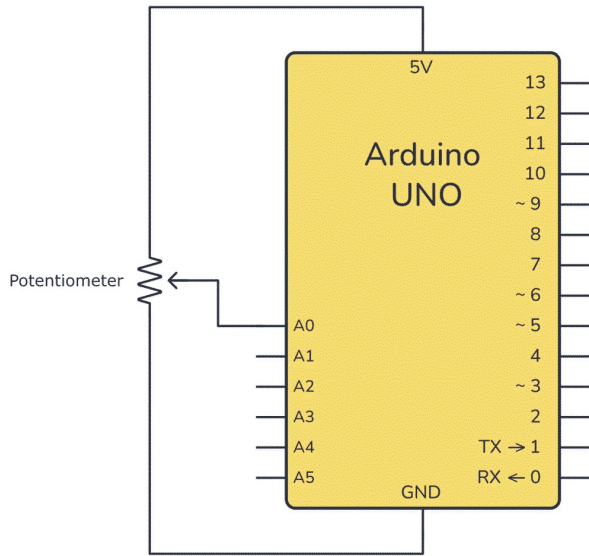
ბ)

აღნიშნული სისტემა შედგება ზამბარისაგან და ცვლადი წინააღობისაგან, პოტენციომეტრიდან.

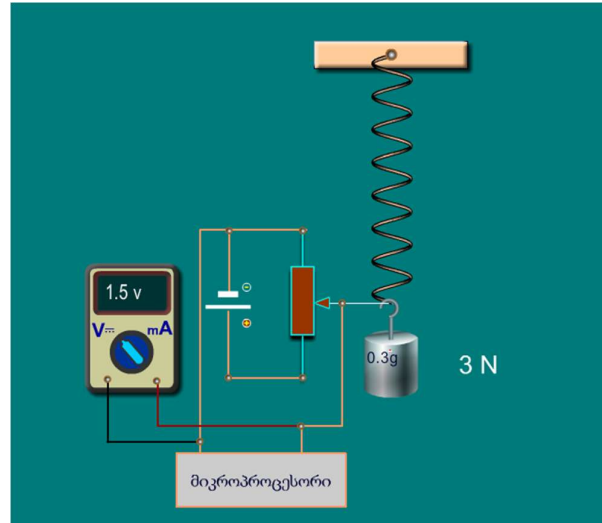
პოტენციომეტრიული სენსორები ფართოდ გამოიყენება ფიზიკური სიდიდის ელექტრულ სიგნალებად გარდასაქმნელად. პოტენციომეტრიული სენსორი ძირითადად არის რეოსტატი, მცოცავი კონტაქტით, რომელიც დაკავშირებულია ობიექტთან. სენსორიდან გამომავალი პარამეტრი არის ელექტრული წინააღობის მნიშვნელობით შეცვლილი პოტენციალთა სხვაობა, მცოცავი კონტაქტის მდებარეობასა და ნულს (GND)-ს შორის.

SMART დინამომეტრის შესაქმნელად გამოვიყენე წრფივი პოტენციომეტრი.

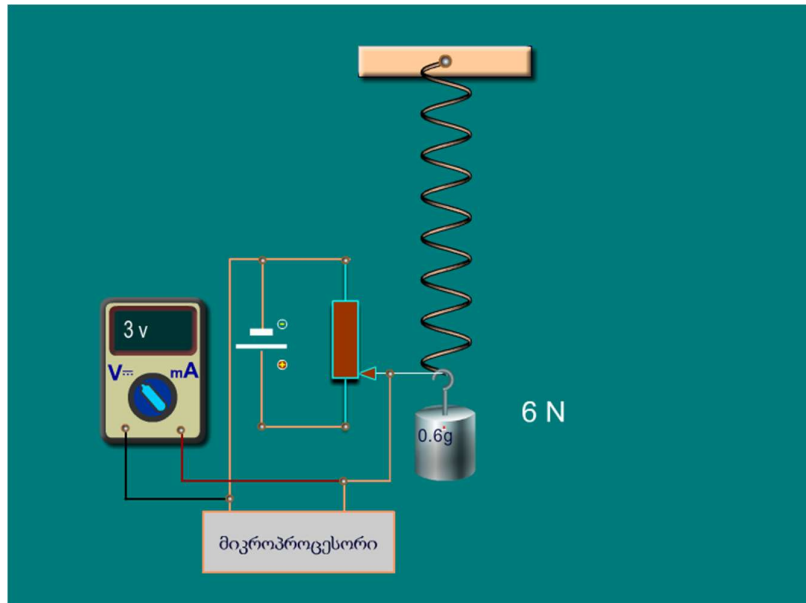
პოტენციომეტრის მცოცავი კონტაქტის გადაადგილება მასზე სხვადასხვა ტვირთის დაკიდებით, გადაადგილებისას იცვლება წინაღობა და შესაბამისად იცვლება მოდებული ძაბვა. მცოცავი კონტაქტიდან ინფორმაცია გადაეცემა მიკროკონტროლერის ანალოგ შესასვლელს, რომლის საშუალებითაც მიკროკონტროლერი ინფორმაციას იღებს ძაბვის ცვლილების შესახებ (სურ N2), მიღებულ ინფორმაციის დამუშავება ხდება პროგრამა Visual Basic-ის მეშვეობით, რომლის დახმარებითაც ხდება ინფორმაციის ვიზუალიზაცია. (სურ.3, 4);



სურ.N2.



სურ.N3



სურ.N4.

პროგრამულ ნაწილში გათვალისწინებულია პროპორციულობის კოეფიციენტი, რომელიც ძაბვის ცვლილების მნიშვნელობას ძალის ცვლილებასთან აკავშირებს. გარდაქმნილი ელექტროსიგნალი უკვე ნიუტონებში შეგვიძლია მივიღოთ მონიტორებზე.

პრინციპიალური სქემის შექმნის შემდეგი ეტაპი იყო ხელსაწყოს- SMART დინამომეტრის რეალურად აწყობა.

სენსორის შესაქმნელად გამოყენებული მასალები:

- ზამბარა,
- წრფივი პოტენციომეტრი;
- lcd მონიტორი;
- Arduino-ს დეველოპმენტის დაფა;
- კვების წყარო;
- ბლუთუზის მოდული;

დაიწერა პროგრამული კოდი visual basic-ში.სურ.N5

```
Private Sub interval_Timer()  
    n = n + 100  
  
    Combo1.AddItem n & " ms" & " " & (koreqcia) * 0.01 & " N"  
    rc = sndPlaySound(XmaMis(1), 1)  
End Sub  
  
Private Sub MSComm1_OnComm()  
    Dim TextI As String  
    TextI = TextI + MSComm1.Input  
    Text1.Text = TextI  
  
    Label1.Caption = Len(Text1.Text)  
  
    position = InStr(1, Text1.Text, "F")  
    On Error Resume Next  
    A0 = Left(Text1.Text, position - 1) 'certil-mzimis gareshe  
    Text2.Text = A0  
  
End Sub  
  
'minacemta analizi  
Private Sub AlalizTim_Timer()  
    Label2.Caption = Sashualo  
  
    koreqcia = A0 + VScroll11.Value  
  
    If Val(A0) < 3 Then koreqcia = 0  
  
    Label5.Caption = "P=0.1*(g-a)= " & (koreqcia) * 0.01 & " N"  
    If ufleba = True Then kx = kx + biji  
    ky = A0 + Sashualo  
    Ykord(kx) = ky  
    Picture1.PSet (kx, ky), QBColor(1)  
  
    mdore = mdore + (sichq - mdore) / 5  
  
    ' If kx > 970 Then kx = 0: Picture1.Cls  
    If kx > 970 Then ufleba = False: Interval.Enabled = False  
  
    If memY <> ky Then  
        Picture1.Line (kx - biji, memY)-(kx, ky), QBColor(1)
```

## სურ. N5

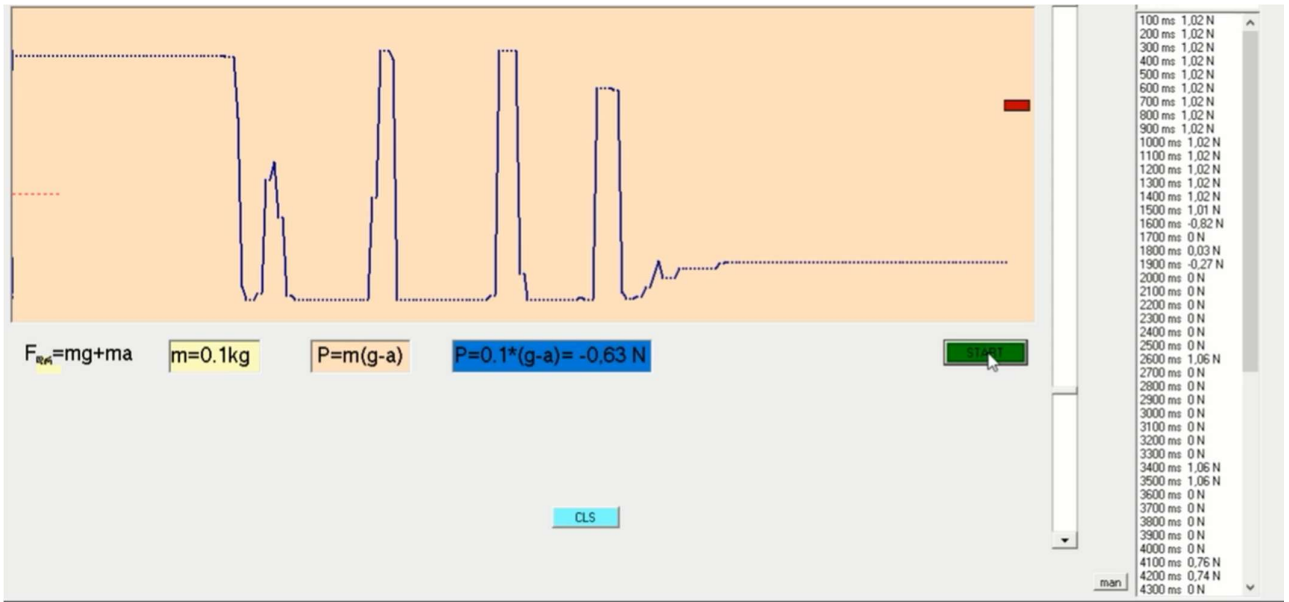
შექმნილი სენსორის - SMART დინამომეტრის მუშაობა შემოწმდა ექსპერიმენტულად.

ექსპერიმენტის მსვლელობა:

8 მეტრის სიმალიდან გადმოვადეთ SMART დინამომეტრი, მასზე დაკიდულ ტვირთით.სურ.N6 რომლის მასა იყო 100 გრამი. პროცესს დავაკვირდით ექსპერიმენტისთვის შექმნილ პროგრამაში;



სურ. N 6



სურ. N 7

სურ. N 7-ზე, მარჯვენა მხარეს წარმოდგენილია ექსპერიმენტის მიმდინარეობისას მიღებული მონაცემები. ვარდნის დაწყებისთანავე აჩქარება, როგორც მონაცემებზე ჩანს, მყისიერად არ ხდება  $g$ -ის ტოლი, სხეული ინერციის გამო ინარჩუნებს ვარდნის დროს წონას 700 მილიწამის განმავლობაში. მონაცემების აღრიცხვა 100 მილიწამის ინტერვალით ხდება. როგორც გრაფიკზეც და რიცხვით მონაცემებში ჩანს სხეულის წონა ხდება 0-ის ტოლი, შემდეგ

სხეული დინამომეტრთან ისევ ზემოთ მოძრაობს, შემდეგ 500 მილიწამის მანძილზე ისევ 0 ხდება სხეულის წონა.

მონაცემთა გრაფიკი წარმოდგენილია პროგრამა visual basic-ში დაწერილი კოდის საშუალებით

ამგვარად, ვირტუალური მოდელის, პროგრამული კოდის და ალგორითმის საშუალებით შეიქმნა ხელსაწყო SMART დინამომეტრი, პოტენციომეტრის საშუალებით მოვახდინეთ ძალის ელექტრონულ სიგნალად გარდაქმნა. მიკროკონტროლერით მოხდა მიღებული სიგნალის დამუშავება და დაგრადუირება. შესაბამისად შევძელით ძნელად დაკვირვებადი პროცესის ვიზუალიზაცია, მონაცემების მიღება და ანალიზი.

### გამოყენებული ლიტერატურა

1. Fraden, Jacob. *Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications*. 5th ed. Cham: Springer, 2016.
2. Abelashvili, N., Otkhзорia, N., Otkhзорia, V., & Akhlouri, E. (2024). Diagnosing the stability of large-scale processes using fractal structure analysis of time series. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*, 3(4), 30–37. <https://doi.org/10.46299/j.isjea.20240304.03>
3. Nona Otkhзорia, Vano Otkhзорia, & Shorena Khorava. (2022). Search for an extremum using the steepest descent method under the conditions of experimental errors. *World Science*, (2(74)). [https://doi.org/10.31435/rsglobal\\_ws/28022022/7785](https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/28022022/7785)
4. Nona Otkhзорia, Nino Tsiklauri, Vano Otkhзорia. (2024) Selection of Mathematical Optimization Methods for Solving Engineering Practice Problems. *Georgian Scientists*, 6(2), 286–293. <https://doi.org/10.52340/gs.2024.06.02.30>

# Monitoring body weight changes during a fall with a system created with a potentiometric sensor.

## Abstract

Sensors are one of the most important parts of modern technology, which provides data recording and conversion into digital signals. Within the framework of this research, an innovative SMART dynamometer was created, which is used to study the change in weight of the body during the fall process.

The goal of the research was to create a device that would accurately analyze the effects of forces, acceleration and air resistance during the fall process. SMART dynamometer is built on a potentiometric sensor, which allows for the acquisition of quantitative data from the fall process and their visualization.

SMART dynamometer consists of a spring, potentiometer, microcontroller and Bluetooth module. The potentiometer converts the force into an electrical signal, which is processed by the microcontroller and displayed in Newtons. The data is visualized using the Visual Basic program.

The data obtained from the fall of the SMART dynamometer from a certain height show that the body retains its weight at the first stage due to inertia, and after a certain time the weight becomes equal to 0. The results of the experiment were successfully visualized in graphical form.

This study showed that the SMART dynamometer can be used to solve fundamental and practical problems, which significantly determines the prospects for its widespread use.

**Keywords:** potentiometer, dynamometer, drop, microcontroller, electrical signal, sensor, Smart dynamometer