

**მცენარეული ნედლეულის ფოთლის საჭყლეთ-საქუცმაცებელ-საბრეხი მანქანის მუშა დანების მიერ აღძრული დატვირთვების განსაზღვრა\***

**თამაზ მეგრელიძე, გიორგი პირველი, გივი გუგულაშვილი, გიორგი ბერუაშვილი**

(საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი)

**რეზიუმე:** აღწერილია საკვებ-სამკურნალო მცენარეული ნედლეულის ფოთლის საჭყლეთ-საქუცმაცებელ-საბრეხი მანქანის მუშა დანების მიერ მანქანაში აღძრული დატვირთვები. გამოყვანილია ამ დანების მუშაობის პროცესში წარმოქმნილი ძალით აღძრული ღერძული დატვირთვის, მღუნავი და მგრები მომენტებისა და განივი დატვირთვების საანგარიშო ფორმულები. ყველა ზემოაღნიშნული დატვირთვის გათვალისწინება საჭიროა მცენარეული ნედლეულის ფოთლის საჭყლეთ-საქუცმაცებელ-საბრეხი მანქანის დაპროექტების მეთოდის დამუშავებისას.

**საკვანძო სიტყვები:** დანები; საკვებ-სამკურნალო მცენარეული ნედლეული; საჭყლეთ-საქუცმაცებელ-საბრეხი მანქანა; ფოთოლი.

**შესავალი**

მცენარეული ნედლეულის ფოთლის ახალი საჭყლეთ-საქუცმაცებელ-საბრეხი მანქანების დაწერვისა და ათვისების საქმეში უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ამ მანქანების თეორიული გაანგარიშების საფუძვლების დამუშავებას, რისთვისაც აუცილებელია მათში მოქმედი ძალებისა და მომენტების განსაზღვრა. ეს იმის საშუალებას იძლევა, რომ შეიქმნას ერთი პრინციპით მომუშავე, მაგრამ განსხვავებული ზომისა და კინემატიკური პარამეტრების მქონე მსგავსი მანქანების გაანგარიშების საერთო მეთოდის, რის საფუძველზეც შესაძლებელი გახდება უკვე წინასწარ დაგეგმილი ტექნოლოგიური ეფექტის მომცემა მანქანების დაგეგმარება. ერთ-ერთი ასეთი ახალი მანქანაა საკვებ-სამკურნალო მცენარეული ნედლეულის ფოთლის საჭყლეთ-საქუცმაცებელ-საბრეხი მანქანა. მანქანამ წარმატებით გაიარა საწარმოო გამოცდები და საყოველთაო აღიარება დაიმსახურა; დაისვა საკითხი მსგავსი მანქანების დასაპროექტებლად გაანგარიშების მეთოდის დამუშავების შესახებ.

**ძირითადი ნაწილი**

პირველ რიგში საჭიროა განისაზღვროს დანების მიერ საერთო ძალით წარმოქმნილი დატვირთვების მნიშვნელობები.

ამისათვის შეირჩა მართკუთხა კოორდინატთა სისტემა, რომლის სათავე ემთხვევა დანის ტორსულ კვეთს, ხოლო  $x$  ღერძის მიმართულება – დანის ლილვის ღერძს.

---

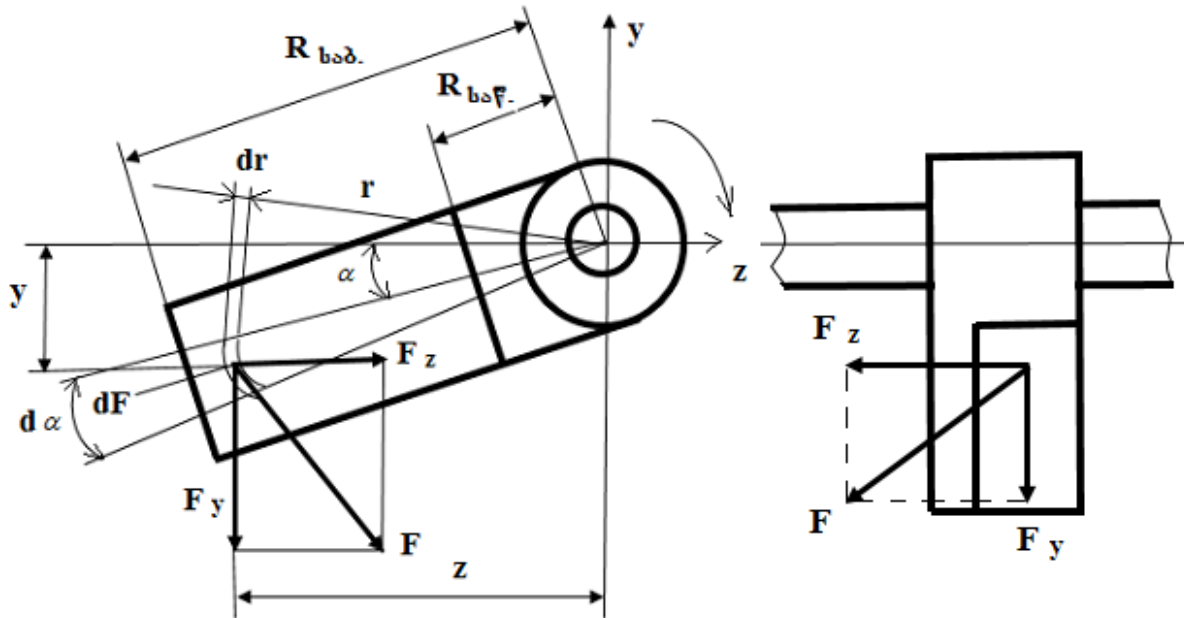
\* პროექტი განხორციელდა შოთა რუსთაველის სახელობის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური ხელშეწყობით (გრანტი № 30/26). წინამდებარე პუბლიკაციაში გამოთქმული ნებისმიერი აზრი ეკუთვნის ავტორებს და შესაძლებელია არ ასახავდეს შოთა რუსთაველის სახელობის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის შეხედულებებს.

ფოთლის მასაზე მოქმედი საერთო  $F$  ძალა მიმართულია დანის ზედაპირის მართობულად და დახრილია ჰორიზონტისადმი  $\beta$  კუთხით. დავშალოთ ეს ძალა ჰორიზონტალურ და მართობულ მდგენელებად

$$\text{ღერძული ძალა} - F_x = F \cdot \cos \beta; \quad (1)$$

$$\text{წრიული ძალა} - F_r = F \cdot \sin \beta, \quad (2)$$

სადაც  $\beta$  დანის მჭრელი პირის ვერტიკალიდან დახრის კუთხეა.



დანაზე მოქმედი ძალების საანგარიშო სქემა

დანის ზედაპირზე გამოვეთ  $dF$  ფართობის მქონე უსასრულოდ მცირე ელემენტი (იხ. ნახ.), რომელიც ტოლია

$$dF = r \cdot dr \cdot d\alpha \cdot \frac{1}{\cos \beta}. \quad (3)$$

უსასრულოდ მცირე  $d\alpha$  კუთხის საზღვრებში ღერძული დატვირთვა ტოლია

$$dN_x = F_x \cdot dF = F \cdot \cos \beta \cdot r \cdot dr \cdot d\alpha \cdot \frac{1}{\cos \beta}, \quad (4)$$

საიდანაც ინტეგრების შემდეგ გვექნება

$$(dN_x)_\alpha = \int_{R_{\text{საწ.}}}^{R_{\text{საბ.}}} F \cdot \cos \beta \cdot r \cdot dr \cdot d\alpha \cdot \frac{1}{\cos \beta} = F \cdot \frac{R_{\text{საბ.}}^2 - R_{\text{საწ.}}^2}{2} \cdot d\alpha. \quad (5)$$

დანის წრიული მოძრაობის შედეგად ფოთლის მასა წინ გადაადგილდება  $x$  ღერძის გასწვრივ. ამასთან, დანის მიერ ერთი სრული ბრუნის შესრულების შემთხვევაში (მობრუნების კუთხე ტოლია  $2 \cdot \pi$ ) ფოთლის მასა გადაადგილდება რაღაც  $S$  ბიჯით. ამიტომ  $\alpha$  კუთხით დანის მობრუნებას შეესაბამება ფოთლის მასის  $x$  ღერძის გასწვრივ გადაადგილება რაღაც  $x$  მანძილზე. ამიტომ

$$\alpha = \frac{2 \cdot \pi}{S} \cdot x$$

და

$$d\alpha = \frac{2 \cdot \pi}{S} \cdot dx .$$

დერძული დატვირთვის მთლიანი სიდიდე მიიღება (5) გამოსახულების  $\alpha$  კუთხით ინტეგრების შემთხვევაში

$$N_X = \frac{dN_X}{dx} = F \cdot \frac{R_{\text{საბ.}}^2 - R_{\text{საწ.}}^2}{2} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{S} . \quad (6)$$

აღნიშნული  $F_X$  ძალა, გარდა დერძის მიმართულებით კუმშვისა, ქმნის აგრეთვე მღუნავ მომენტებს  $y$  და  $z$  დერძების მიმართ.

უსასრულოდ მცირე  $d\alpha$  კუთხის საზღვრებში  $z$  დერძის მიმართ მღუნავი მომენტი ტოლი იქნება

$$dM_Z = F_X \cdot y \cdot \sin \alpha \cdot dF . \quad (7)$$

მიღებულ განტოლებაში  $dF$  ფართობის მნიშვნელობის ჩასმით და იმის გათვალისწინებით, რომ  $y = r$ , გვექნება

$$dM_Z = F \cdot \cos \beta \cdot \sin \alpha \cdot r^2 \cdot dr \cdot d\alpha \cdot \frac{1}{\cos \beta} . \quad (8)$$

(8) განტოლების ინტეგრებით მივიღებთ  $z$  დერძის მიმართ სრული მომენტის მნიშვნელობას

$$M_Z = \int_{R_{\text{საწ.}}}^{R_{\text{საბ.}}} F \cdot \cos \beta \cdot \sin \alpha \cdot r^2 \cdot dr \cdot d\alpha \cdot \frac{1}{\cos \beta} = F \cdot \frac{R_{\text{საბ.}}^3 - R_{\text{საწ.}}^3}{3} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{S} \cdot \sin \frac{2 \cdot \pi}{S} \cdot x . \quad (9)$$

უსასრულოდ მცირე  $d\alpha$  კუთხის საზღვრებში  $y$  დერძის მიმართ მღუნავი მომენტი ტოლი იქნება

$$dM_y = F_X \cdot z \cdot \cos \alpha \cdot df . \quad (10)$$

ამ შემთხვევაში  $z = r$ . ამიტომ  $dF$  ფართობის მნიშვნელობის ჩასმით ბოლო განტოლებიდან მივიღებთ

$$dM_y = F \cdot \cos \beta \cdot \cos \alpha \cdot r^2 \cdot dr \cdot d\alpha \cdot \frac{1}{\cos \beta} , \quad (11)$$

ამ გამოსახულების ინტეგრებით კი მიიღება მთლიანი ძალის მიერ  $y$  დერძის მიმართ აღძრული სრული მომენტის მნიშვნელობა

$$M_y = \int_{R_{\text{საწ.}}}^{R_{\text{საბ.}}} dM_y = F \cdot \frac{R_{\text{საბ.}}^3 - R_{\text{საწ.}}^3}{3} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{S} \cdot \cos \frac{2 \cdot \pi}{S} \cdot x . \quad (12)$$

$F$  ძალის წრიული მდგენელი ( $F_r$ ) ქმნის მგრეს მომენტს, რომლის სიდიდე  $d\alpha$  უსასრულოდ მცირე კუთხის ფარგლებში ტოლი იქნება

$$dM_{\text{მგრ.}} = F_r \cdot r \cdot dF = F \cdot \text{tg} \beta \cdot r^2 \cdot dr \cdot d\alpha . \quad (13)$$

მთლიანი მგრესი მომენტი მიიღება (13) გამოსახულების ინტეგრებით  $r$ -ის მიხედვით

$$(M_{\text{მგრ.}})_\alpha = \int_{R_{\text{საწ.}}}^{R_{\text{საბ.}}} dM_{\text{მგრ.}} = F \cdot \text{tg} \beta \cdot \frac{R_{\text{საბ.}}^3 - R_{\text{საწ.}}^3}{3} \cdot d\alpha . \quad (14)$$

მიღებული სიდიდის  $\alpha$  კუთხით ინტეგრების გზით მივიღებთ სრული მგრესი მომენტის მნიშვნელობას

$$M_{\text{მგრ.}} = \int_0^{\frac{2 \cdot \pi}{S}} (M_{\text{მგრ.}})_\alpha = F \cdot \text{tg} \beta \cdot \frac{R_{\text{საბ.}}^3 - R_{\text{საწ.}}^3}{3} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{S} . \quad (15)$$

გარდა მგრესი მომენტისა,  $F_r$  წრიული ძალა აღძრავს აგრეთვე განივ დატვირთვებს  $y$  და  $z$  დერძების მიმართ.

დატვირთვის სრული ინტენსიურობა გამოითვლება განივი დატვირთვის პირველი რიგის წარმოებულის გამოყენებით

$$dQ_y = -F_r \cdot dF \cdot \cos \alpha = -F \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot r \cdot dr \cdot \cos \alpha \cdot d\alpha . \quad (16)$$

მიღებული განტოლების ინტეგრება  $r$ -ისა და  $\alpha$ -ს მიხედვით იძლევა  $yx$  სიბრტყეში განივი დატვირთვის მნიშვნელობას

$$q_{yx} = \frac{dQ_y}{dx} = -F \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \frac{R_{\text{საბ.}}^2 - R_{\text{საწ.}}^2}{2} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{S} \cdot \cos \frac{2 \cdot \pi}{S} \cdot x . \quad (17)$$

სრული დატვირთვის ინტენსიურობა  $zx$  სიბრტყეში გამოითვლება ანალოგიურად, როგორც განივი დატვირთვის პირველი რიგის წარმოებულო

$$dQ_z = -F_r \cdot dF \cdot \sin \alpha = -F \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot r \cdot dr \cdot \sin \alpha \cdot d\alpha . \quad (18)$$

მიღებული განტოლების ინტეგრება  $r$ -ისა და  $\alpha$ -ს მიხედვით იძლევა  $zx$  სიბრტყეში განივი დატვირთვის მნიშვნელობას

$$q_{zx} = \frac{dQ_z}{dx} = -F \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot \frac{R_{\text{საბ.}}^2 - R_{\text{საწ.}}^2}{2} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{S} \cdot \sin \frac{2 \cdot \pi}{S} \cdot x . \quad (19)$$

## დასკვნა

ამრიგად, დანების მუშაობის პროცესში წარმოქმნილი საერთო ძალა ( $F$ ) აღძრავს ღერძულ  $N_x$  დატვირთვას,  $y$  და  $z$  ღერძების მიმართ  $M_y$  და  $M_z$  მღუნავ მომენტებს, მგრებს  $M_{\text{მგრ.}}$  მომენტს, აგრეთვე  $yx$  და  $zx$  სიბრტყეებში განივ  $q_{yx}$  და  $q_{zx}$  დატვირთვებს. ყველა ამ სიდიდის გათვალისწინება აუცილებელია მცენარეული ნედლეულის ფოთლის საჭყლელტ-საქუცმაცებელ-საგრეხი მანქანის დაპროექტების მეთოდის დამუშავებისას.

## ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. თ. რევიშვილი, ვ. ღვანლიანი, გ. გუგულაშვილი, თ. ღვანლიანი. ჩაის ფოთლის დამუშავებელი დანადგარი. საპატენტო სიგელი GE P 4861 B. 12.10.2008. A 23 F 3/12.
2. ვ. ღვანლიანი, ლ. ხარებავა, ა. გიორგაძე, გ. გუგულაშვილი. ჩაის ფოთლის დამჭყლელტ-დამქუცმაცებელი მოწყობილობა. საპატენტო სიგელი GE P 1403 B. 07.03.1998. A 23 F 3/12.
3. თ. მეგრელიძე, ვ. ღვანლიანი, გ. გუგულაშვილი, ე. სადალაშვილი, ბ. ღვანლიანი. მცენარეული ნედლეულისაგან მრავალკომპონენტური საკვებ-სამკურნალო პროდუქციის მიღების გაუმჯობესების გზები//საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის შრომები, № 2 (492), თბ.: ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2014. გვ. 40-44.
4. თ. მეგრელიძე, ვ. ღვანლიანი, გ. გუგულაშვილი, ე. სადალაშვილი, გ. პირველი. მცენარეული ნედლეულის გადამამუშავებელი დანადგარის გამოცდის შედეგები//საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის “კვების მრეწველობის ტექნოლოგიური პროცესების და მოწყობილობების პრობლემები“ შრომათა კრებული. თბ., 2015, გვ. 11-19.
5. თ. მეგრელიძე, ვ. ღვანლიანი, გ. გუგულაშვილი, ე. სადალაშვილი, გ. პირველი. მცენარეული ნედლეულის გადამამუშავების ახალი ტექნოლოგია და ტექნოლოგიური მოწყობილობა// საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის „კვების მრეწველობის ტექნოლოგიური პროცესების და მოწყობილობების პრობლემები“ შრომათა კრებული. თბ., 2015, გვ. 101-110.

### **DETERMINATION OF THE LOADINGS, PROVOKED FROM WORKER KNIVES IN THE VEGETABLE RAW MATERIALS LEAVES CRUSHING-SMASHING-ROLLING MACHINE**

**T. Megrelidze, G. Pirveli, G. Gugulashvili, G. Beruashvili**

(Georgian Technical University)

**Resume:** There are described the loadings, which are provoked from worker tandem knives in nutrition-medical vegetable raw materials leaves crushing-smashing-rolling machine. There is worked out the axis loadings, bend moments, twist moments and longitudinal loadings account formulas, which are provoke from the force in working tandem knives. Foresight of all this loads are necessary for the elaboration of the design method of vegetable leaves raw materials crushing-smashing-rolling machine.

**Key words:** crushing-smashing-rolling machine; knives; leaf; nutrition-medical vegetation raw materials.

## МАШИНОСТРОЕНИЕ

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ РАБОТЕ СПАРЕННЫХ НОЖЕЙ В МАШИНЕ ДЛЯ МЯТИЯ, ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ И СКРУЧИВАНИЯ ЛИСТЬЕВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

**Мегрелидзе Т. Я., Пирвели Г. Т., Гугулашвили Г. Л., Бериашвили Г. Ш.**

(Грузинский технический университет)

**Резюме:** Описаны нагрузки, возникающие при работе спаренных ножей в машине для мятая, измельчения и скручивания листьев растительного сырья. Выведены расчетные формулы для определения осевых нагрузок, изгибающих и крутящих моментов, а также продольных нагрузок, вызываемых работой ножей. Знание всех указанных нагрузок необходимо для разработки методики проектирования машин для мятая, измельчения и скручивания листьев растительного сырья.

**Ключевые слова:** листья; машина для мятая-измельчения-скручивания; ножи; пищево-лечебное растительное сырье.