

## СТЕНД ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ СИЛИТЕ НА РЯЗАНЕ НА ХРАНИТЕЛНИ ПРОДУКТИ

**Мариана Ботева, Симеон Василев, Иван Михайлов**

*Университет по хранителни технологии, катедра Техническа механика и машинознание  
4002 гр. Пловдив, Р. България*

[mariana1b@abv.bg](mailto:mariana1b@abv.bg), [svasileff2000@yahoo.com](mailto:svasileff2000@yahoo.com), [mihaylow@abv.bg](mailto:mihaylow@abv.bg)

### DEVICE FOR DETERMINE FOOD CUTTING FORCES

**Mariana Boteva, Simeon Vasilev, Ivan Mihaylov**

*University of Food Technologies in Plovdiv,  
Department of technical mechanics and mechanical engineering  
Bulgaria, 4002 Plovdiv*

[mariana1b@abv.bg](mailto:mariana1b@abv.bg), [svasileff2000@yahoo.com](mailto:svasileff2000@yahoo.com), [mihaylow@abv.bg](mailto:mihaylow@abv.bg)

### ABSTRACT

This paper presents a short review of existing devices, made to study the mechanical characteristics of food and the influence of technological factors on cutting moments and forces in food cutting operations. Some produced constructions with normal cutting, sliding cutting and wire cutting are described. A description of produced device, which is designed to determine the cutting forces, which depend on the rotation speed of the device and the material feeding speed, is presented too.

*Key words: devices, food cutting forces, technological factors.*

**Въведение.** Значителна част от механичната обработка на хранителни продукти в предприятията от хранително-вкусовата промишленост заема процесът рязане. Към неговите основни характеристики спадат силовите параметри – сили, работа и напрежение при рязане, режимът на рязане – скорост на рязане, скорост на подаване и производителност на процеса, качество на обработваната повърхнина, параметри на режещия инструмент. Главно място от всички тях заемат скоростта и силите на рязане.

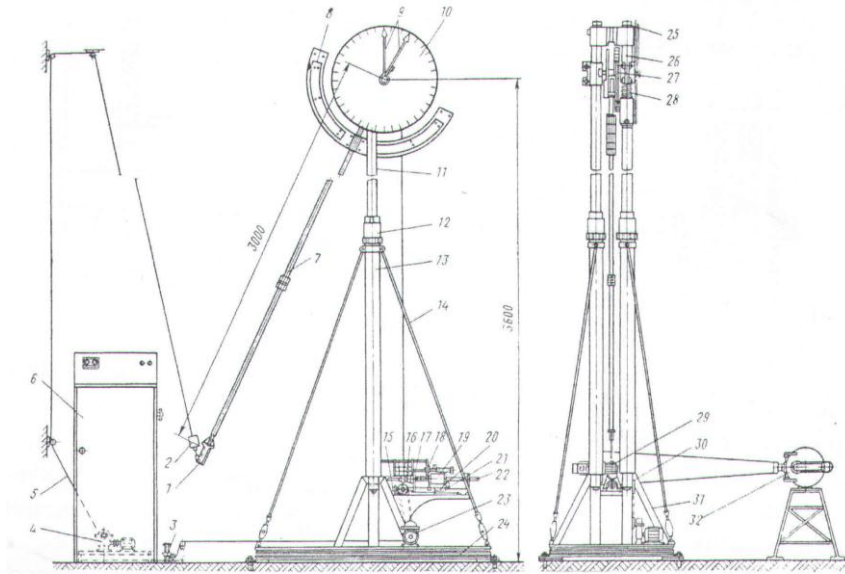
За изследването на основните параметри на процеса рязане на хранителни продукти са разработени различни видове уреди и стендове. Конструктивните им различия се дължат на прилагането на различни принципи на рязане на хранителни материали като рязане без плъзгане (режещият инструмент извършва движение нормално на режещия си ръб), рязане с плъзгане (режещият инструмент се премества едновременно перпендикулярно и успоредно на режещия си ръб), рязане с метална нишка.

**Цел на разработката.** Целта на настоящата работа е да се направи преглед на съществуващи уреди и стендове за изследване на процесите на рязане на хранителни продукти и да се представи проектираната и изработена експериментална установка за изследване режимите на рязане на хранителни продукти.

**Изложение.** В лабораторната практика за изпитване на различни хранителни материали са намерили приложение маховите установки, наречени динамографи [8]. С такъв универсален динамограф (фиг. 1) се осъществяват скорости на рязане в диапазона 0,2 – 25,4 m/s. Проведени са изследвания за зависимостта на работата, използвана за рязане на растителни нискостеблени маси, от следните параметри: ъгъл на заточване на ножа, ъгъл на наклона на режещия ръб, дебелина на ножа, физико-механични свойства на материала.

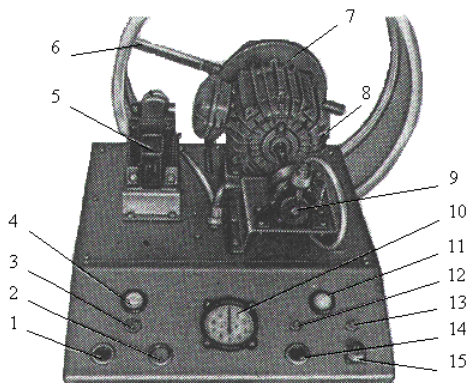
Изучено е влиянието на важните параметри дебелина на срязвания слой и коефициент на уплътнение на растителната маса.

За изследване на процеса рязане на растителни маси с високи скорости от порядъка 40 – 100 m/s е използван ротационен уред (фиг. 2) [8]. Основната задача при този уред е да се фиксира пада на честотата на въртене на маховика с ротора на двигателя след разрязването на образца от изследвания материал с ножа. Това дава възможност да се съди за работата, изразходвана за рязане. Енергията, изразходвана за рязането, намалява честотата на въртене на ротора на двигателя и това се отразява върху показанията на осцилографа.

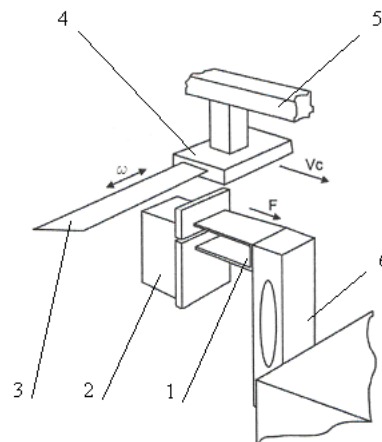


Фиг. 1. Универсален махов уред – динамограф.

Рязане на месо и месни продукти с наложени вибрации върху режещия инструмент е изследвано в [10]. На фиг. 3 е показана схема за рязане на хранителни продукти с и без приложени вибрации върху нож с прав режещ ръб. [4] Тук главното и подавателното движение се извършват от режещия инструмент. Проведени са опити за рязане на сирене, като размерите на опитния образец са 100 x 30 x 25 mm.



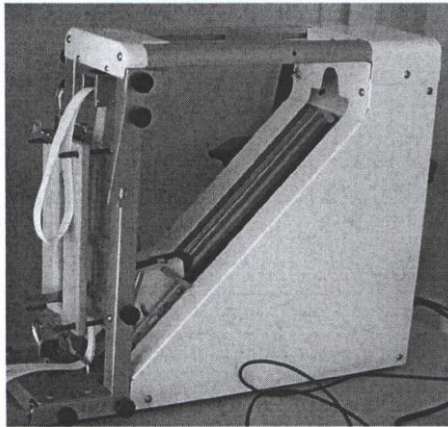
Фиг. 2. Ротационен уред РК-1



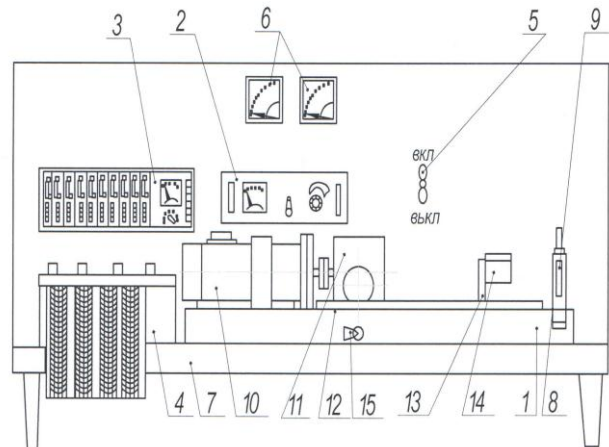
Фиг. 3 Установка за рязане на храни с и без наложени вибрации на режещия инструмент

Опитите са извършени при две температури на образеца:  $20 \pm 1^\circ$  и  $10 \pm 1^\circ$  C. По време на рязането, което е продължило 2 мин., температурата се е повишила с  $1^\circ$ . Използвани са четири скорости на рязане: 12,5; 25,0; 50,0 и 75,0 mm/s и шест честоти на вибриране на ножа: 0, 30, 60, 90, 120 и 150 Hz с точност  $\pm 3$  Hz.

Рязане на образци от свинско месо и сланина с размери 50 x 40 mm и дебелина 20 mm е проведено на показаната на фиг. 4 установка. [6] Образците са неподвижно закрепени, а режещият инструмент се придвижва с постоянна скорост по стандартизирана текстилна лента. Измерени са силите на рязане при температури на образците  $2^\circ$ ,  $7^\circ$  и  $12^\circ$  C.



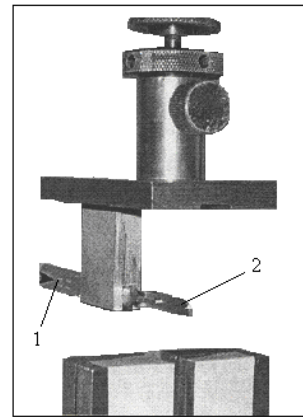
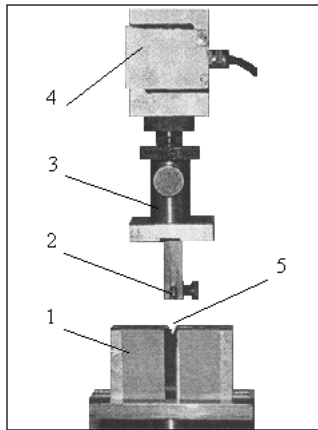
Фиг. 4. Установа за измерване сили на рязане на месо и сланина



Фиг. 5. Експериментален стенд за изследване на процеса на рязане без плъзгане на хранителни продукти

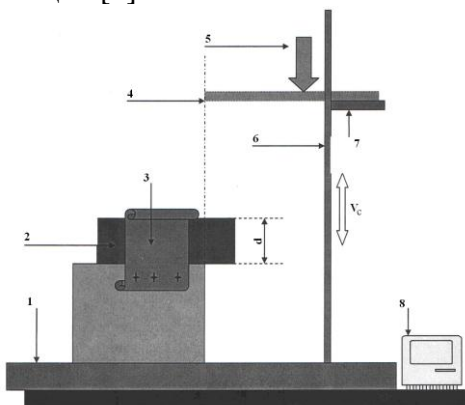
За провеждане на лабораторни упражнения по учебната дисциплина „Технологично оборудване на отрасъла” в Саратовския държавен технически университет е изработена установка за опитно изследване на силите на рязане на хранителни продукти. [7] Изследваният образец 14 е закрепен върху тензометрична плочка 13 и се подава посредством задвижване от електродвигател 10, червячен редуктор 11 и зъбна рейка 12. Ножовете 7 са закрепени неподвижно в скобите 9. Изследванията се провеждат със скорости на рязане от 0,02 до 1,0 m/s - фиг. 5.

Влиянието на ъгъла на заточване на режещия ръб на прав нож е изследвано върху експериментален стенд, конструиран на принципа на рязане нормално на режещия ръб на инструмента (фиг.6). Изследваният образец от хранителен продукт се закрепва неподвижно между две скоби. Ножът се закрепва неподвижно в нождържача, който е свързан с движещата се глава на изпитателното устройство. Скоростта на подаване на ножа е постоянна – 10 mm/min. [5]

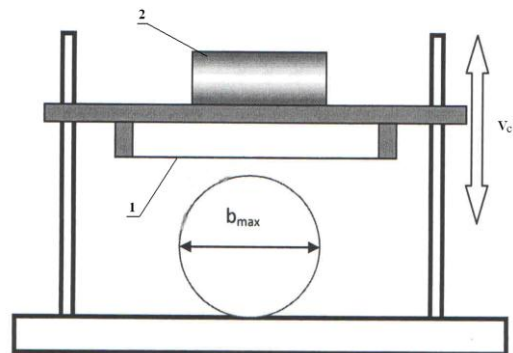


Фиг.6. Експериментален стенд за изследване ъгъла на заточване на ножове с прав режещ ръб при рязане на хранителни материали.

За определяне на структурно-механичните характеристики на месни продукти са изработени лабораторни установки, като първата от тях – фиг.7 служи за определяне на граничното напрежение на плъзгане при рязане, а втората – фиг.8, за определяне на силите на рязане на хранителния продукт. Режещите инструменти са съответно нож с прав режещ ръб и метална нишка. Представени са зависимости между граничното напрежение на плъзгане и на силите при рязане на варени колбаси в зависимост от концентрацията на структуриращите добавки. Установките позволяват изследването на модула на еластичност, процеси на релаксация и пълзене и получаването на зависимости при различни скорости на деформация [3].

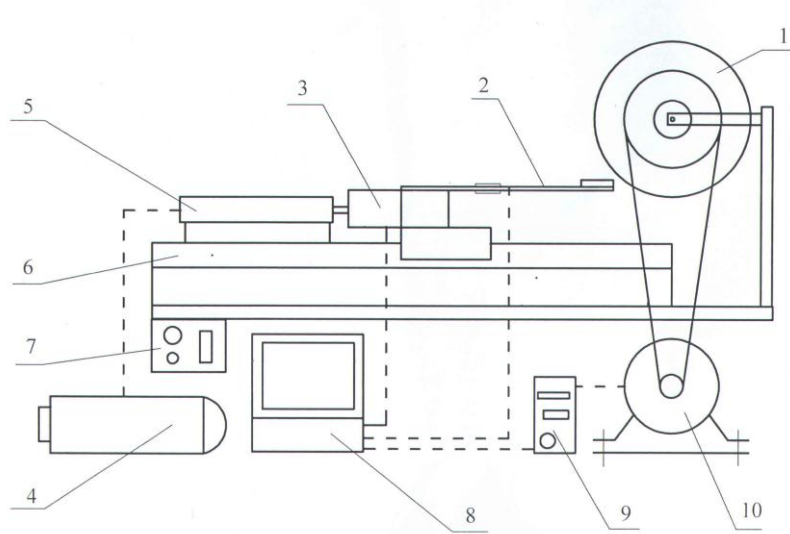


Фиг. 7. Установка за определяне граничното плъзгане при рязане на варени колбаси



Фиг. 8. Установка за определяне силите на рязане на варени колбаси

За изследване режимите на рязане на хранителни продукти, като се отчитат механичните и технологични фактори, влияещи върху процеса, в катедра ТММ към УХТ – Пловдив е проектиран и изработен експериментален стенд, принципната схема на който е показана на фиг 9. Режещият възел се състои от дисков нож 1, монтиран върху вал, който лагерува в специална носеща конструкция. Геометричните му параметри са: диаметър 210 mm, дебелина 0,8 mm, ъгъл на заточване 15°. Изследвания може да се проведат и с няколко ножа, работещи в пакет, монтирани върху същия вал и отделени помежду си с дистанционни втулки.

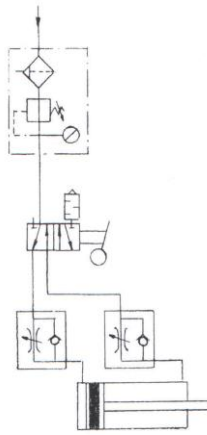


Фиг. 9. Принципна схема на експериментален стенд за определяне на силите на рязане на хранителни продукти

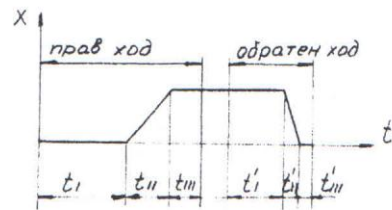
Въртеливото движение на дисковия нож (дисковия пакет) се осигурява от трифазен електродвигател 10 тип АТ 90 S4 с мощност 1,1 kW, честота на въртене  $1440 \text{ min}^{-1}$ . Честотата на въртене на дисковия нож се регулира безстепенно посредством честотен регулатор ATV 312 NU11 M2 на фирмата Schneider Electric – 9 и се предава на задвижващия вал чрез ремъчна предавка. По този начин може да се реализират произволен брой работни скорости.

За осъществяване на подавателното движение е избрано пневматично задвижване, състоящо се от компресор – 4 и пневмоцилиндър – 5, буталото на който придвижва плочата, носеща изследвания хранителен продукт в зоната на рязане по направляващите 6. Основното предимство на пневматичния превод е възможността за получаването на произволен брой подавателни скорости чрез регулиране на скоростта на буталото в определен диапазон. За избора му са взети предвид и следните предимства на пневматичното пред останалите видове задвижвания:

- пневматично задвижване се прилага там, където са необходими малки сили – под 300 N;
- времето на превключване на пневматичните системи е много късо;
- регулируемостта на въздуха под налягане е добра и импулсите на управлението реагират бързо;
- в сравнение с хидравличните системи пневматичните са с по-проста конструкция;
- максималната работна скорост на пневмозадвижването е до 5 m/s, а на хидрозадвижването – до 1 m/s.



Фиг. 10. Работна схема на пневмозадвижването



Фиг. 11. Циклограма на включване

Работната схема на пневмодвигателя е показана на фиг. 10, а циклограмата на включване - на фиг. 11. Работният цикъл на пневматичната предавка включва: време  $t_1$  - подготвителното време, отчитано от момента на включване на управляващото устройство до началото на движение на буталния прът;  $t_{II}$  - времето на движение на буталото на пневмоцилиндъра напред, по време на което то преминава целия зададен ход;  $t_{III}$  - заключително време, по време на което налягането в работното вътрешно пространство достига необходимата величина. След извършване на експеримента управляващото устройство отново се превключва от пулта за управление 7 и започва обратният ход на буталния прът.

Хоризонталната компонента на силата на рязане се определя посредством тензометричен датчик 3, а вертикалната - чрез тензометричните греди 2, върху които е установен изследваният хранителен продукт. Записването и обработването на сигналите от тензодатчиците и управлението на честотния регулатор се осъществява посредством персонален компютър 8.

Разработена е методика за провеждане на експериментите.

#### **Изводи.**

1. Конструиран е и е изработен стенд за опитно определяне на силите на рязане на хранителни продукти с дисков нож, работещ на принципа на рязане с плъзгане.
2. Конструкцията на режещия възел позволява установяването и на други видове режещи инструменти като дисков нож с назъбен профил, дисков нож с вълнообразен профил, сърповиден нож, при което може да се променя и ъгълът на заточване на режещия ръб.
3. Възможно е на мястото на режещото устройство след съответна промяна на конструкцията му да се установи нож с прав режещ ръб или метална нишка. В този случай ще се използва само подавателния превод за подаване на хранителния продукт в зоната на рязане, а самият процес ще представлява рязане без плъзгане.
4. Избраното честотно регулиране на оборотите на елзадвижването на работното движение и пневмозадвижването на подавателното движение дават възможност за прилагането на различни комбинации от работната и подавателната скорости.
5. Върху опитната установка може да се режат растителни и животински храни, сурови месо и риба в прясно или замразено състояние, колбаси, сладкарски, млечни и хлебни изделия, което позволява да се постигне една по-пълна представа за процесите, протичащи при рязането на хранителни продукти.

**Използвана литература.**

1. Василев С. В., Моделиране и динамичен анализ на механичните процеси и системи в хранително-вкусовата промишленост, Хабилизационен труд, 2010 г.
2. Dowd P. C., McGorry R. W., Dempsey P. G., Cutting moments and grip forces in meat cutting operations and the effect of knife sharpness, 12<sup>th</sup> Conference of the New Zealand Ergonomics Society, 2004
3. Ишевский А. Л., Сорокин В. И. Устройства для определения структурно-механических характеристик мясных продуктов, <http://processes.open-mechanics.com/articles/504.pdf>
4. Lebar A., Blatnik O., Junkar M, Orbanic H., Vibration assisted cutting of gouda cheese, Czech J. Food Science, Vol.30, 2012, No.1
5. McCarthy C. T., Hussey M., Gilchrist M. D., On the sharpness of straight edge in cutting soft solids: Part I – indentation experiments, Engineering Fracture Mechanics, www.elsevier.com, 2006
6. Hägg G. M., Vogel K., Karlun J., McGorry R. W., Knife force differences when cutting meat at different temperatures, NES 2012 Proceedings, Saltsjöbaden, Sweden, August 19-22, 2012
7. Никоноров С. Н., Старшов Г. И., Поздеева М. Г. Исследование параметров процесса резания резательных машин, Методические указания к лабораторной работе по курсу „Технологическое оборудование отрасли“, Саратовский государственный технический университет, Саратов, 2010
8. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов, М., Машиностроение, 1975, стр. 44, стр. 73.
9. Герц Е. В., Динамика пневматических систем машин, М., Машиностроение, 1985, с. 14.
10. Чижикова Т. В. и др., Прибор для определения разрушающих напряжений мяса и шпика, Мясная индустрия, 1971, № 9.