

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА РЕЗАК ПРИ ВЫРУБАНИИ ОБУВНЫХ МАТЕРИАЛОВ**DETERMINATION OF FORCES AFFECTING THE CUTTER DURING SHOE MATERIALS CUTTING****А. А. Романович*, Б. С. Сункуев***Витебский государственный технологический университет*

УДК 685.34.054

A. Romanovich*, B. Sunkuev*Vitebsk State Technological University***РЕФЕРАТ***ВЫРУБАНИЕ ОБУВНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ДЕФОРМАЦИЯ МАТЕРИАЛА, АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД, РЕЗАК, СИЛЫ*

Предметом исследования являются силы, действующие на резак со стороны материала в процессе вырубания. Целью работы является определение данных сил и исследование их изменения в процессе вырубания.

Расчет сил велся аналитическим методом на основании экспериментальных данных, полученных на специально разработанной установке.

Была разработана методика определения сил, действующих на резак при вырубании обувных материалов, основанная на представлении сил как функций относительной деформации материала и численном интегрировании этих функций. Также была составлена программа вычисления значения сил на ЭВМ. Были рассчитаны силы, действующие на резак со стороны материала при вырубании различных материалов. На основании этих данных составлены графики, отражающие изменение суммарной силы, действующей на резак в процессе вырубания обувных материалов.

ABSTRACT*SHOE MATERIALS CUTTING, DEFORMATION OF MATERIAL, ANALYTICAL METHOD, CUTTER, FORCES*

The subject of the investigation is the determination of forces effecting the cutter during shoe materials cutting with an analytical method. The research is being carried out to improve the accuracy of the design of tooling for a sewing semi-automatic machine.

Determination of forces affecting the cutter during shoe materials cutting is done applying analytical method which is based on the representation of forces as functions of the relative deformation of material, numerical integration of these functions, and compilation of a program for determination of these forces.

Using experimentally obtained data a technique is developed for the analysis of forces affecting the cutter during shoe materials cutting.

При проектировании технологической оснастки, предназначенной для автоматизированной сборки заготовок верха обуви на швейных полуавтоматах, используются шаблоны, вырубленные теми же резаками что и детали верха обуви [1]. При вырубании на резак со стороны материала действуют силы [2], которые могут вызвать деформацию резака. Так как один и тот

же резак используется для вырубания деталей из материалов верха и для вырубания шаблона из картона, то следует ожидать, что деформации резака, а, следовательно, контуры деталей и шаблона будут различаться и в процесс проектирования оснастки [1] вносится погрешность.

В настоящей работе поставлена задача определения сил, действующих на резак при выру-

* E-mail: alexanderromanovich39@gmail.com (A. Romanovich)

бании.

Расчетная схема к определению сил приведена на рисунке 1. Режущая часть резака состоит из трех частей: наклонной левой **AB** с углом наклона α к вертикали, горизонтальной **BC** и наклонной правой **CD** с углом наклона α_1 к вертикали.

Определим сначала силы, действующие на наклонную часть **AB**. Проведем оси координат **x-y** с началом в точке **O**, находящейся на пересечении горизонтальной и вертикальной прямых, проведенных соответственно через точки **A** и **B**. На расстоянии x от начала координат **O** выделим элементарный участок ширины dx . На этот участок со стороны материала действует элементарная сила dN , перпендикулярная к отрезку **AB**. Проекции dN на оси x и y обозначим соответственно dN_x и dN_y .

Сила dN_y определится из равенства

$$dN_y = \sigma \cdot dS, \quad (1)$$

где σ – напряжение сжатия материала на участке dx .

Напряжение сжатия σ можно представить в виде зависимости

$$\sigma = f(\varepsilon), \quad (2)$$

где ε – относительная деформация сжатия участка материала ширины dx :

$$\varepsilon = \frac{y - x / \operatorname{tg} \alpha}{h}; \quad (3)$$

y – глубина погружения участка **BC** ножа в материал; h – толщина материала.

Характер зависимости (2) может быть установлен с помощью эксперимента на специальной установке [4] с последующим аналитическим описанием результата эксперимента.

Так, экспериментом установлена зависимость $f(\varepsilon)$ для натуральной кожи толщиной 1,2 милли-

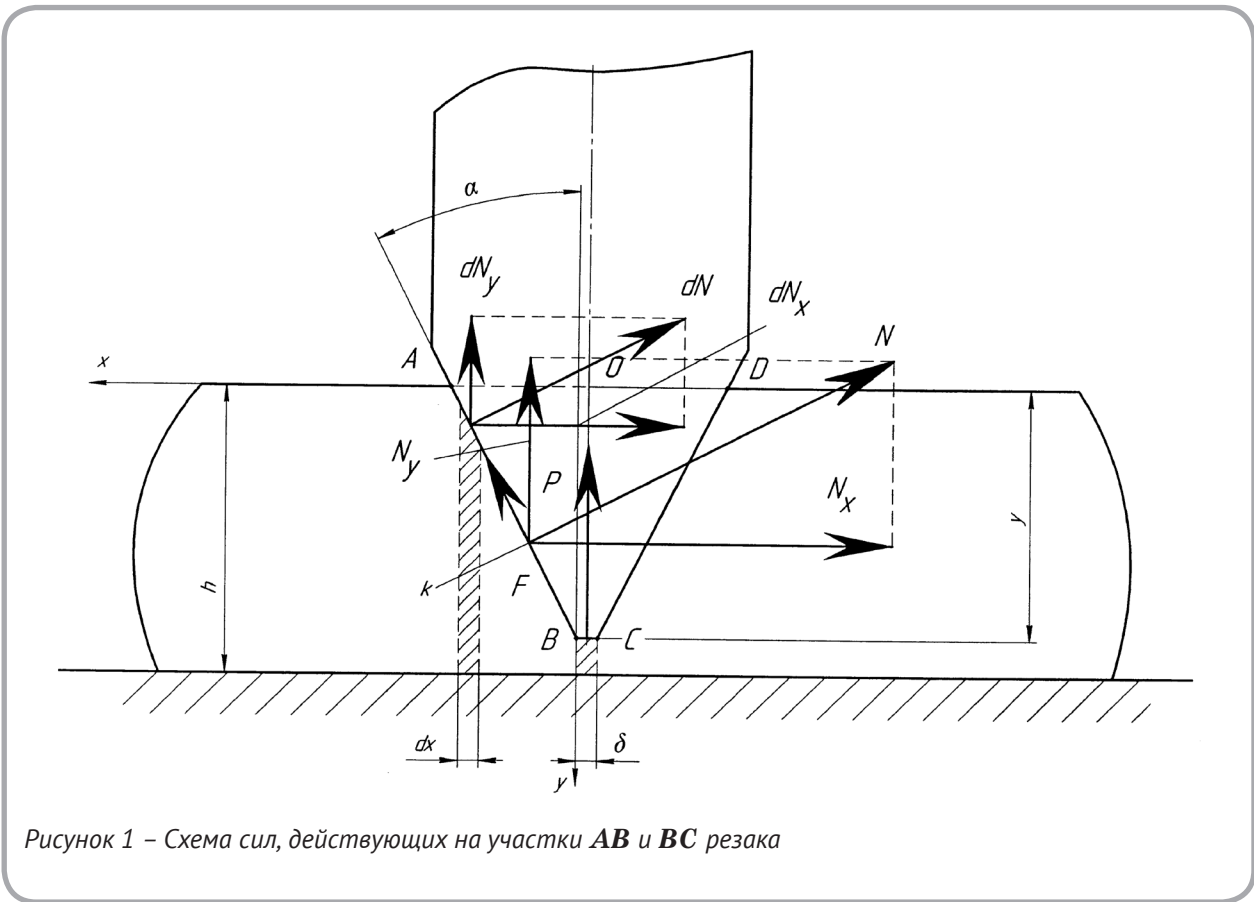


Рисунок 1 – Схема сил, действующих на участки **AB** и **BC** резака

метра в виде (2)

$$\sigma = \begin{cases} 15,036\varepsilon, & 0 \leq \varepsilon < 0,58, \\ 17144\varepsilon^3 - 32329\varepsilon^2 + 20556\varepsilon - 4383, & 0,58 \leq \varepsilon \leq 0,79, \\ 0, & \varepsilon > 0,79. \end{cases} \quad (4)$$

dS – площадь сечения участка материала на ширине dx .

В формуле (1)

$$dS = dx \cdot l, \quad (5)$$

где l – длина контура деформированного участка материала.

Подставив (2) и (5) в (1) получим

$$dN_y = f(\varepsilon) dx \cdot l. \quad (6)$$

Сила N_y определится интегрированием (6)

$$N_y = l \int_0^{y \cdot \tan \alpha} f(\varepsilon) dx. \quad (7)$$

Решение интеграла (7) выполним методом численного интегрирования.

Алгоритм расчета силы N_y при вырубании методом численного интегрирования.

Дано: $y, a, h, \Delta x, l$.

Требуется определить N_y, x_N, y_N – координаты точки приложения силы N .

1. $x := 0; N_y := 0; \Sigma := 0$.

2. $\varepsilon = ((y-x)/\tan a) / h$.

3. $\sigma = \begin{cases} 15,036\varepsilon, & 0 \leq \varepsilon < 0,58 \\ 17144\varepsilon^3 - 32329\varepsilon^2 + 20556\varepsilon - 4383, & 0,58 \leq \varepsilon \leq 0,79 \\ 0, & \varepsilon > 0,79 \end{cases}$

4. $\Delta N_y = \sigma \cdot \Delta x \cdot l$.

5. $N_y := N_y + \Delta N_y$.

6. $\Sigma := \Sigma + \Delta N_y \cdot (x + \Delta x)$.

7. Печатать x, N_y .

8. Если $x > y \cdot \tan a$, идти к 11.

9. $x := x + \Delta x$.

10. Идти к 2.

11. $x_N = \Sigma / N_y; y_N = x_N / \tan a$.

После определения N_y координат точки ее приложения (x_N, y_N) можно определить сум-

марную силу $N = N_y / \tan a$. Точка приложения N такая же как и N_y .

Сила трения F определится из отношения $F = fN$, где f – коэффициент трения материала о сталь. Для кожи $f = 0,6$, для картона $f = 0,4$.

Для определения силы P сжатия материала под режущей кромкой BC воспользуемся соотношением

$$P = \sigma \cdot \delta \cdot l, \quad (8)$$

где $\sigma = f(\varepsilon); \varepsilon = y / h$.

Для определения сил, действующих на наклонную часть CD можно воспользоваться теми же соотношениями, что и при определении сил, действующих на наклонную часть AB (рисунок 2).

В качестве осей координат выбираем оси x_1 и y_1 , а начало координат O_1 выбирается на пересечении прямых, проведенных через точку D горизонтально, и через точку C – вертикально.

В формуле (1) вместо dN_y следует иметь ввиду dN_{y_1} , в формулах (3), (5), (6), (7) вместо x, a, dx имеются ввиду соответственно x_1, a_1, dx_1 . Сила трения F_1 определится из равенства $F_1 = fN_1$.

После определения N_y, N_{y_1}, F, F_1 и P можно определить суммы всех сил, действующих по осям x и y :

$$\begin{aligned} \sum X &= F_x - N_x + N_{1x} - F_{1x}; \\ \sum Y &= -N_y - N_{1y} - F_y - F_{1y} - P, \end{aligned} \quad (9)$$

где $N_x = N_y / \tan a; N_{1x} = N_{1y} / \tan a_1; F_x = F \sin a; F_y = F \cos a; F_{1x} = F_1 \sin a_1; F_{1y} = F_1 \cos a_1$.

На рисунках 3 и 4 приведена блок-схема алгоритма расчетов на ЭВМ суммарных сил $\sum X, \sum Y$.

Проведены расчеты $\sum X$ и $\sum Y$ для резака с двусторонней заточкой при $a = 29^\circ, a_1 = 22^\circ, \delta = 0,05 \text{ мм}$ для искусственной кожи, натуральной кожи и картона приходящиеся на 1 мм резака. По результатам расчетов построены графики зависимости $\sum X = f(\varepsilon)$ и $\sum Y = f(\varepsilon)$ (рисунки 5, 6).

Из графиков следует, что значения $\sum X$ значительно превосходят $\sum Y$, что объясняется сим-

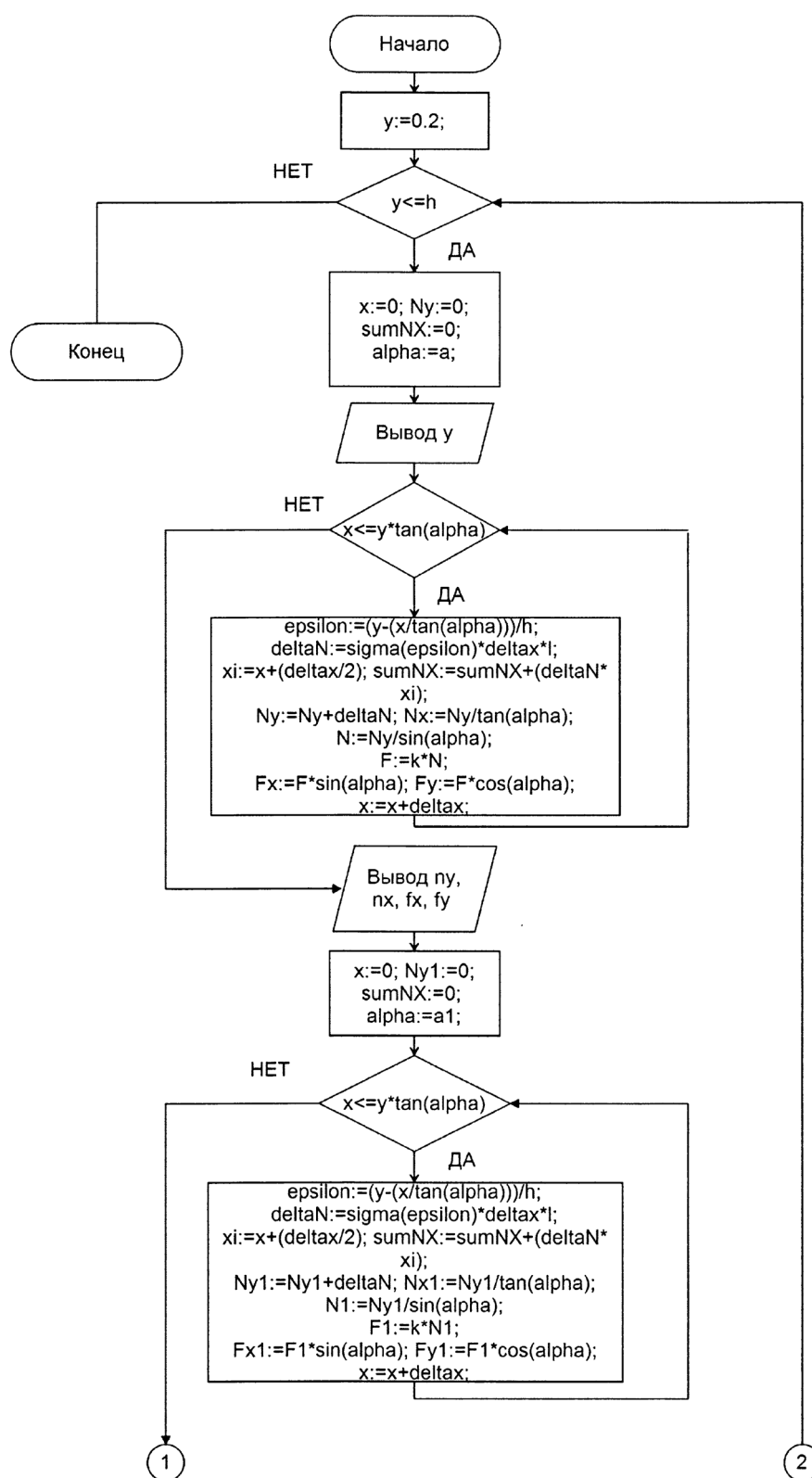
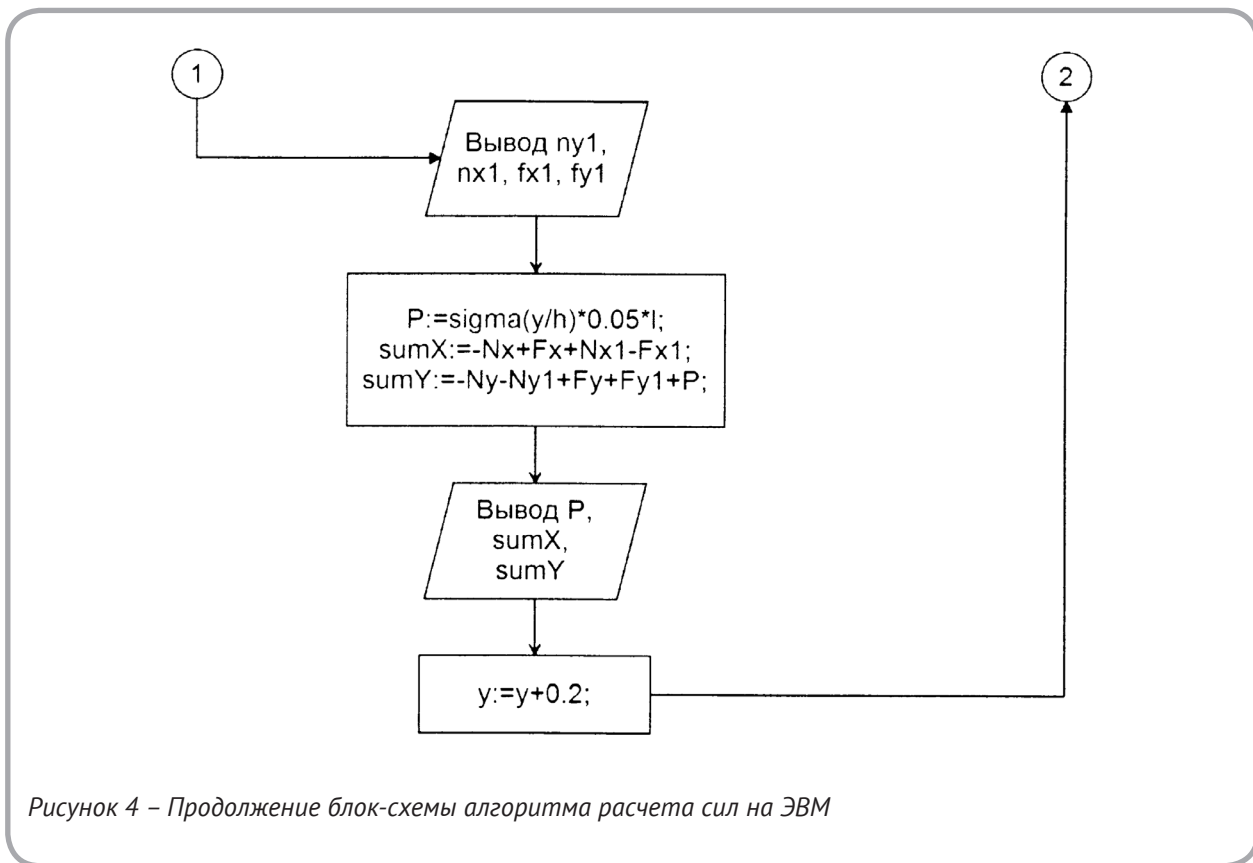
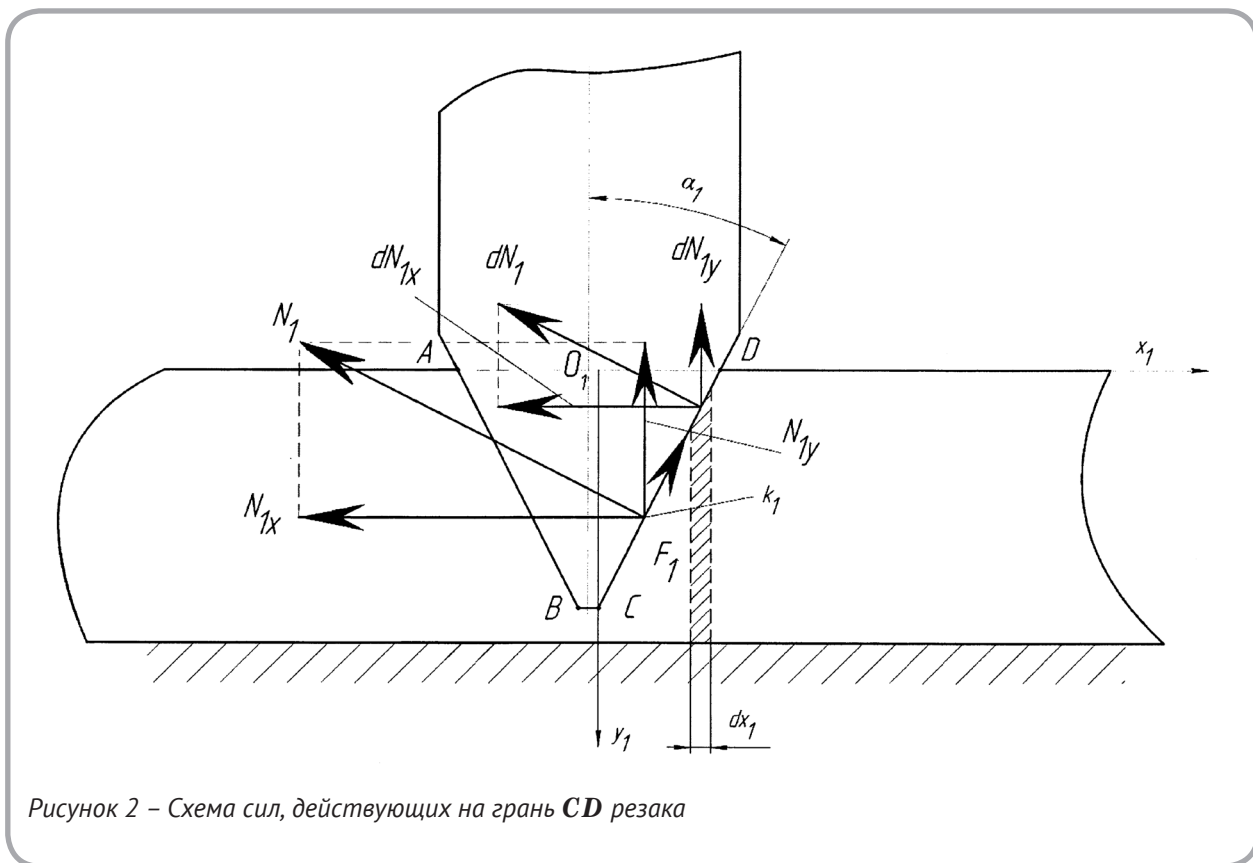


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма расчета сил на ЭВМ



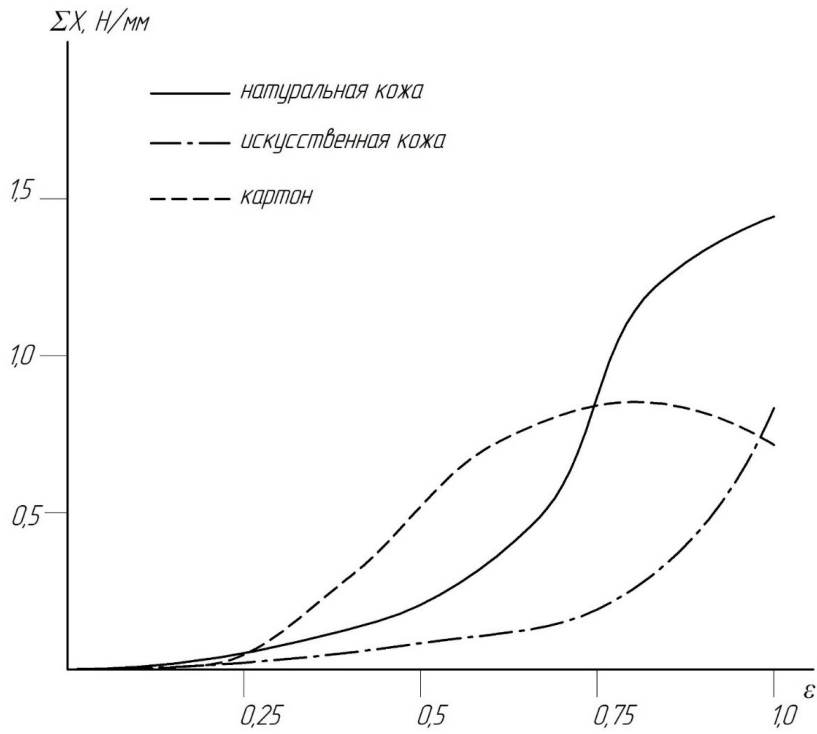


Рисунок 5 – Графики сил ΣX , приходящихся на 1 мм длины лезвия резака

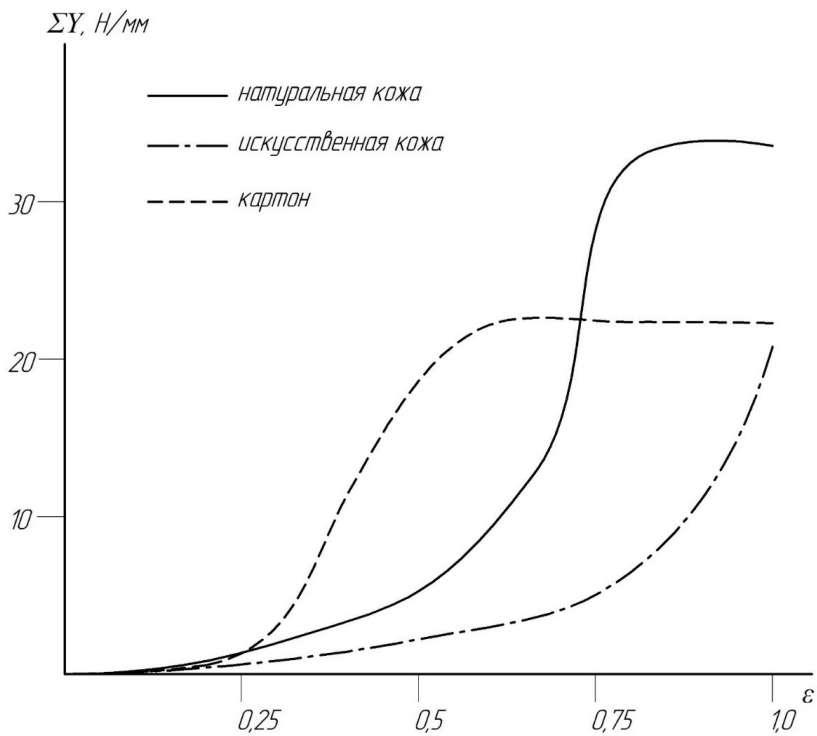


Рисунок 6 – Графики сил ΣY , приходящихся на 1 мм длины лезвия резака

метричной формой сечения лезвия резака (рисунки 1, 2), при которой уравниваются силы, действующие по оси X на грани лезвия. Точность предлагаемой методики определяется точностью эксперимента [3] и точностью численного интегрирования дифференциального уравнения (7), суммарная погрешность не превышает 10 %.

ВЫВОДЫ

Разработана методика аналитического расчета сил, действующих на резак, при вырубании материалов верха обуви с использованием экспериментальных данных, полученных на специально разработанной установке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бувевич, А. Э., Сункуев, Б. С. (2001), Автоматизированное проектирование и изготовление оснастки и разработки управляющих программ к швейному полуавтомату с микропроцессорным управлением, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, Витебск, 2001, № 3, С. 43–47.
2. Карпачев, П. С., Майзель, М. М., Плевако, Н. А., Четкин, П. П. (1964), *Машины и аппараты производств искусственной кожи и пленочных материалов*, Москва, Легкая индустрия, 610 с.
3. Романович, А. А., Сергеев, Е. А., Сункуев, Б. С. (2015), Экспериментальные исследования деформационных свойств материалов верха обуви при сжатии, *Материалы докладов 48-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной 50-летию университета*, Витебск, 2015, Т. 2, С. 247–249.

REFERENCES

1. Buevich, A. Je., Sunkuev, B. S. (2001), Computer-aided design and manufacturing of equipment and development of control programs to the Semi-automatic sewing with microprocessor control [Avtomatizirovannoe proektirovanie i izgotovlenie osnastki i razrabotki upravljajushhih programm k shvejnomu poluavtomatu s mikroprocessornym upravleniem], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, Vitebsk, 2001, № 3, pp. 43–47.
2. Karpachev, P. S., Majzel', M. M., Plevako, N. A., Chetkin, P. P. (1964), *Mashiny i apparaty proizvodstv iskusstvennoj kozhi i plenochnyh materialov* [Machines and devices production of artificial leather and film materials], Moscow, Light industry Publ., 610 p.
3. Romanovich, A. A., Sergeev, E. A., Sunkuev, B. S. (2015), Experimental study of deformation properties of the shoe upper material in compression [Eksperimental'nye isledovaniya deformatsionnyh svoystv materialov verha obuvi pri szhatii], *48 Proceedings of the International scientific and technical conference of teachers and students dedicated to the 50th anniversary of the university*, Vitebsk, 2015, vol. 2, pp. 247–249.

Статья поступила в редакцию 23. 03. 2017 г.