

УДК 621.87.068-675
DOI 10.47367/0021-3497_2024_2_164

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОНЫ МЕЖДУ ВАЛКОВЫМИ ПАРАМИ
ДЛЯ ОБРАБОТКИ ШТУЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА**

**STUDY OF THE ZONE BETWEEN ROLLER PAIRS
FOR PROCESSING PIECE GOODS MADE OF FIBROUS MATERIAL**

Г.А. БАХАДИРОВ, А.М. НАБИЕВ, Г.Н ЦОЙ, Ф.Р. РАХИМОВ

G.A. BAHADIROV, A.M. NABIEV, G.N. TSOY, F.R. RAKHIMOV

(Институт механики и сейсмостойкости сооружений Академии наук Республики Узбекистан)

**(Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures of the Academy
of Sciences of the Republic of Uzbekistan)**

E-mail: instmech@rambler.ru, a.nabiev@mail.ru, tsoygeran@mail.ru, rahimov-furqat1992@inbox.ru

Целью работы является увеличение площади обработки материала между рабочими валами за счет внесения изменений в конструкцию валковой технологической машины. Предложена усовершенствованная конструкция технологической машины валкового типа, позволяющая увеличить площадь обработки материала, охватываемого рабочими валами машины. Теоретически рассмотрены условия захвата и втягивания обрабаты-

ваемого материала (например, текстильного сукна или кожи) в зону механической обработки между рабочими (отжимными) валами. Составлена техническая система, в которой учитываются основные силы, действующие на процесс обработки материала. Рабочие валы (левый и правый) устанавливаются на рычагах один над другим с обеспечением копирования центра носовой части транспортирующей плиты, на которую предварительно вперезгиб уложен обрабатываемый материал. По сравнению с известными валковыми отжимными машинами в предлагаемом варианте устройства для отжима материала увеличивается площадь обработки, то есть обеспечивается более полная обработка материала.

The study aims to increase the area of material processing between working rollers by making changes to the design of the roller processing machine. An improved design of a roller technological machine was proposed; it makes it possible to increase the area of material processing covered by the working rollers of the machine. The conditions for capturing and pulling in the processed material (for example, textile cloth or leather) into the zone of mechanical processing between the working (squeezing) rollers are theoretically considered. A technical system was compiled that considers the main forces acting on the process of material treatment. The working rollers (left and right ones) are installed on levers in one row, one above the other, ensuring copying of the center of the front part of the conveying plate, on which the material being processed is pre-bent. The area processed by the proposed option of the device for squeezing material is higher compared to well-known roller squeezing machines, that is, complete processing of the material is ensured.

Ключевые слова: валковая машина, рабочие валы, транспортирующая плита, тяговая цепь, волокнистый материал, зона обработки.

Keywords: roller machine, working rollers, conveying plate, pulling chain, fibrous material, processing zone.

Введение

Известно, что легкая промышленность играет заметную роль в развитии экономики стран, обеспечивая стандартным ассортиментом текстильных материалов или кож различные отрасли.

Расширение требований к готовой продукции производства, повышение ее качества наряду с совершенствованием процессов обработки связано с решением ряда вопросов по осуществлению мероприятий технического и технологического обновления на обрабатывающих предприятиях и кластерах. Исходя из этого можно обосновать необходимость совершенствования оборудования механической обработки, в частности отжима волокнистого материала [1...4].

Анализ устройств, технологических машин и оборудования для механической обработки (отжима) волокнистого материала

позволил выявить недостатки и преимущества существующего оборудования, а также обозначить основные требования к вновь разрабатываемым технологическим машинам [5...10]:

1. Технологическая машина (рабочие органы) должна обеспечивать обработку максимальной площади волокнистого материала за минимальное количество проходов.

2. Трудоемкость выполнения процесса отжима волокнистого материала возникает из-за неполной (частичной) обработки поверхности материала, расположенной на носовом конце транспортирующей плиты, что требует повторного перемещения обрабатываемого материала с возможностью копирования зоны его перегиба рабочими валами.

Для устранения недостатков, указанных в конструкции известной валковой машины

вертикального типа, нами разработана новая конструкция технологической машины валкового типа для механической обработки штучных волокнистых материалов (рис. 1 – схема, рис. 2 – вид сбоку). Данная машина служит для повышения качества обработки волокнистого материала посредством увеличения зоны его обработки расправочными и отжимными валами [11].

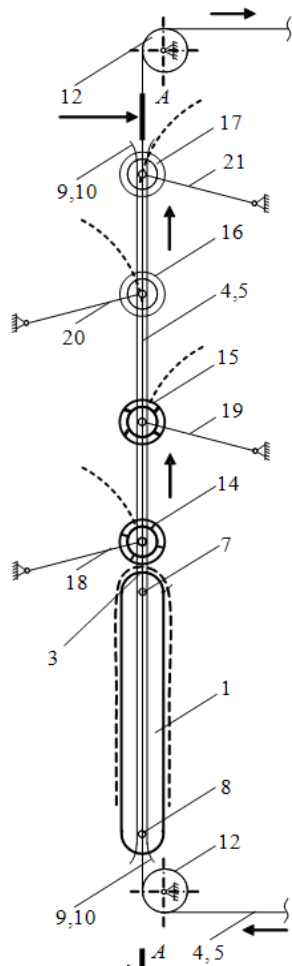


Рис. 1

Валковая машина работает следующим образом: обрабатываемый волокнистый материал 6 (показан пунктиром на рис. 1) завешивается впередиб на транспортирующую плиту 1 и перемещается вертикально в зону обработки между расправочными 14, 15 и отжимными 16, 17 валами посредством цепей 4 и 5, натянутых через систему звездочек 12 и 13, установленных на станине 11 машины.

Соприкоснувшись с поверхностью волокнистого материала 6, находящегося на носовой части 3 транспортирующей плиты 1,

расправочный вал 14, установленный на станине 11 посредством рычага 18, начинает обрабатывать одну половину волокнистого материала 6, а расправочный вал 15, установленный на станине 11 посредством рычага 19, – его вторую половину. Выполнение носовой части 3 транспортирующей плиты 1 округленной способствует плавному копированию расправочными валами 14 и 15 участка волокнистого материала 6, находящегося на носовой части 3 транспортирующей плиты 1.

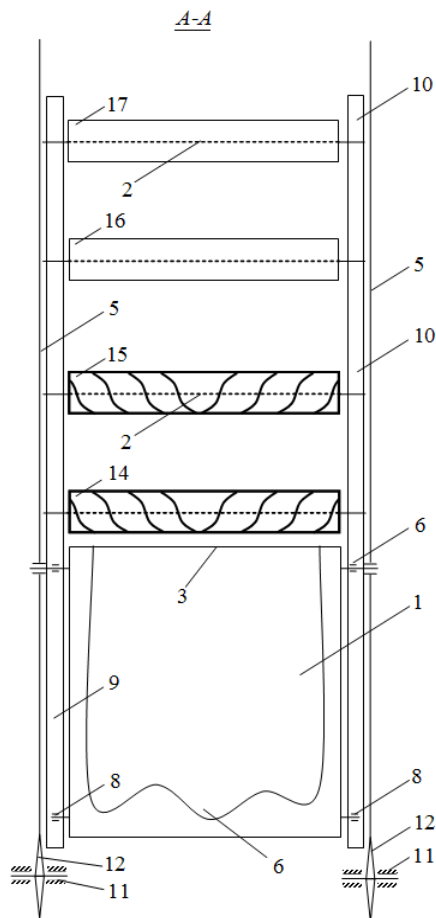


Рис. 2

Закрепленные по бокам транспортирующей плиты 1 опорные ролики 7 и 8, передвигаясь по направляющим дорожкам 9 и 10, закрепленным на станине 11, обеспечат устойчивое положение транспортирующей плиты 1.

Далее волокнистый материал 6, двигаясь на поверхности транспортирующей плиты 1, последовательно будет обрабатываться отжимными 16, 17 валами, связан-

ными рычагами 20, 21. Таким образом обеспечивается полная обработка всей поверхности волокнистого материала 6 расправочными 14, 15 и отжимными 16, 17 валами.

Разработанная конструкция валковой машины обеспечивает повышение качества обработки волокнистого материала путем увеличения зоны обработки расправочными и отжимными валами.

Нами проанализированы различные конструкции транспортирующих плит и рациональные варианты их использования на практике [7...10]. Одним из них является транспортирующая плита с округленными торцами, которую мы использовали в технологической линии [6].

Основная часть

На рис. 3 представлена схема подачи обрабатываемого волокнистого материала между отжимными валами. По схеме рис. 3 проведем анализ работы рабочих валов 1, 2, между которыми влагонасыщенный волокнистый материал 5 должен втягиваться на транспортирующей плите 4 с помощью тяговых цепей 3.

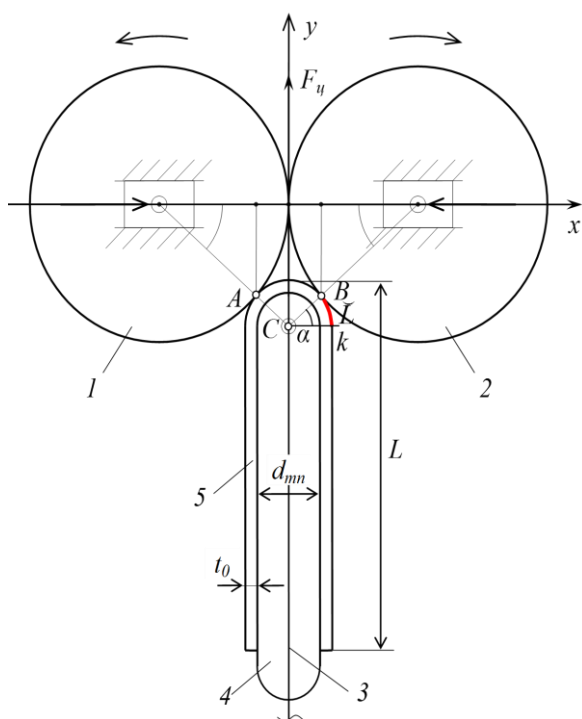


Рис. 3

Рассмотрим вертикальное перемещение волокнистого материала 5, уложенного в

перегибе на транспортирующую плиту 4 с округленными концами между вращающимися отжимными валами 1, 2. Составим уравнение движения для транспортирующей плиты с волокнистым материалом [1, 3, 12...14].

На рис. 3 видно, что рабочие валы 1, 2 расположены в один ряд в горизонтальной линии. Здесь определим общую зону обработки D волокнистого материала 5 между вращающимися рабочими валами 1, 2.

Так как рабочие валы 1, 2, транспортирующая плита 4, волокнистый материал 5 и точки A и B находятся симметрично относительно вертикальной оси, имеем следующее выражение:

$$D = 2L + 2\check{L}, \quad (1)$$

где L – длина волокнистого материала, уложенного в перегиб на транспортирующей плите; \check{L} – длина дуги, образованной между рабочими валами и обрабатываемым волокнистым материалом:

$$\check{L} = \alpha \left(\frac{d_{mn}}{2} + t_0 - \tau \right). \quad (2)$$

Здесь α – угол, образованный между расстоянием от точки C до центра рабочего вала и горизонтальной линией k ; d_{mn} – толщина транспортирующей плиты; t_0 – начальная толщина волокнистого материала; τ – толщина после деформации волокнистого материала.

Таким образом,

$$D = 2L + 2\alpha \left(\frac{d_{mn}}{2} + t_0 - \tau \right). \quad (3)$$

Для обеспечения постоянной скорости движения обрабатываемого материала относительно оси OY (см. рис. 3) необходимо выполнение следующего условия:

$$F_y - G_g - G_k - G_{mn} = 0.$$

Запишем следующее неравенство: $F_y > G_g + G_k + G_{mn}$.

На рис. 4 показана схема последовательного движения транспортирующей плиты 4 с волокнистым материалом 5 при помощи тяговых цепей 3 между нижним 1 и верхним 2 отжимными валами, опоры которых

установлены на рычагах. При контакте с волокнистым материалом 5 каждый вращающийся отжимной вал (нижний 1 и верхний 2) будет совершать движение по неко-

торой дугообразной траектории относительно поступательного (вертикального) движения транспортирующей плиты 4, закрепленной на тяговых цепях 3.

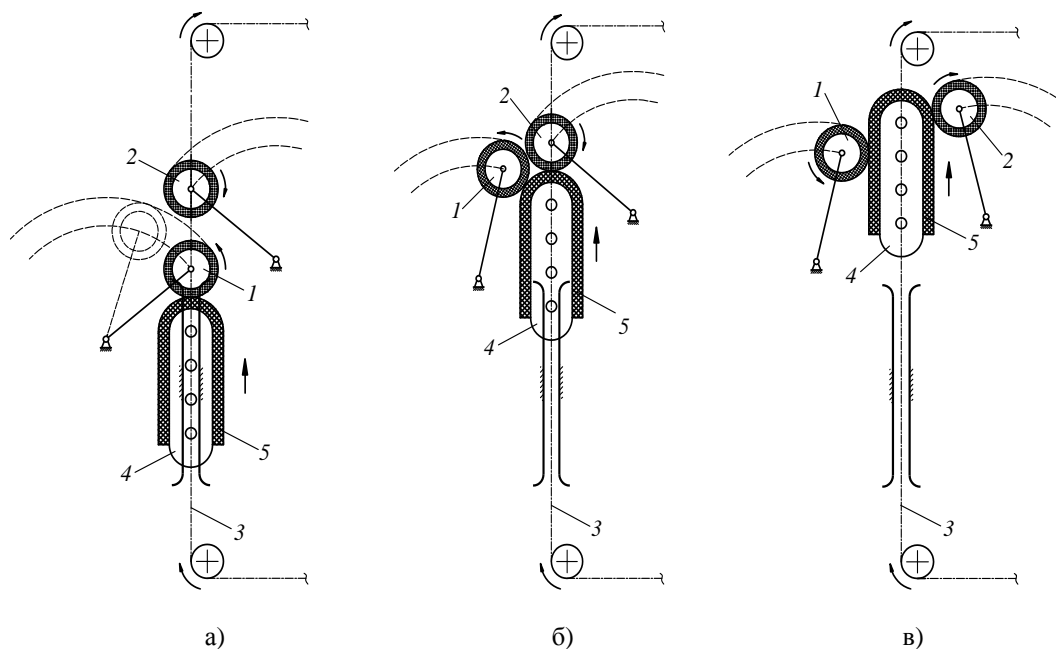


Рис. 4

Рассмотрим каждую из схем рис. 4 в отдельности с учетом условий контакта обрабатываемого материала с рабочими валами. Для этого подготовим схемы для расчета условий захвата волокнистого материала, транспортируемого на плите между рабочими валами (рис. 5...7):

1. Из рис. 5 определяем зону обработки D волокнистого материала 5 с помощью рабочих валов 1, 2, установленных на подвижных опорах.

Из рис. 5 видно, что процесс обработки волокнистого материала 5 начинается в зоне соприкосновения центра носовой части транспортирующей плиты 4 и нижнего рабочего вала 1 – в точке А. Рабочий вал 1 начинает обработку левой половины волокнистого материала 5, уложенного в перегиб на транспортирующей плите 4.

Обозначим зону обработки через следующую зависимость:

$$D_1 = L + \check{L}_1. \quad (4)$$

Здесь

$$\check{L}_1 = \alpha \left(\frac{d_{mn}}{2} + t_0 - \tau \right). \quad (5)$$

По схеме рис. 5 рассмотрим условия подачи волокнистого материала при первоначальном контакте с одним отжимным валом [1, 3, 12...14].

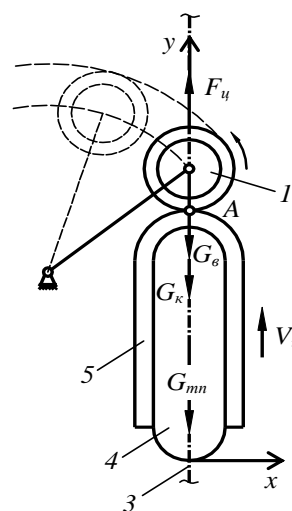


Рис. 5

Учитывая, что $\alpha < \pi/2$, запишем следующее:

$$\tilde{L}_1 = \frac{\pi}{2} \left(\frac{d_{mn}}{2} + t_0 - \tau \right), \quad (6)$$

$$D_1 = L + \frac{\pi}{2} \left(\frac{d_{mn}}{2} + t_0 - \tau \right). \quad (7)$$

2. По схеме рис. 6 рассмотрим условия захвата волокнистого материала при контакте с двумя отжимными валами [1, 3, 12...14].

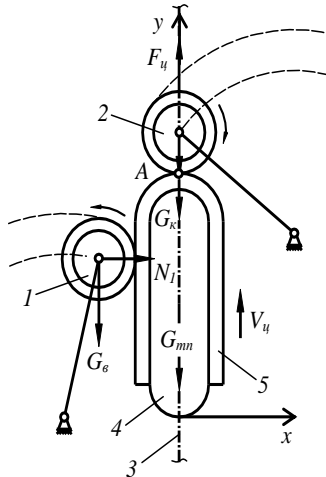


Рис. 6

Для обеспечения постоянной скорости движения обрабатываемого материала относительно оси OY необходимо выполнение следующего условия:

$$F_y - G_k - G_{mn} - G_e^2 = 0.$$

Получим следующее неравенство:

$$F_y > G_k + G_{mn} + G_e^2.$$

Аналогично рассмотрим следующий момент, когда центр (в точке A) носовой части транспортирующей плиты 4 достигнет точки соприкосновения с рабочим валом 2. Из рис. 6 видно, что рабочий вал 2 начинает обработку правой половины волокнистого материала 5, уложенного вперегиб на транспортирующей плите 4.

В данном случае обозначим зону обработки через следующую зависимость:

$$D_2 = L + \tilde{L}_1. \quad (8)$$

Здесь

$$\tilde{L}_1 = \alpha \left(\frac{d_{mn}}{2} + t_0 - \tau \right). \quad (9)$$

Учитывая, что $\alpha = \frac{\pi}{2}$, запишем следующее:

$$\tilde{L}_1 = \frac{\pi}{2} \left(\frac{d_{mn}}{2} + t_0 - \tau \right), \quad (10)$$

$$D_2 = L + \frac{\pi}{2} \left(\frac{d_{mn}}{2} + t_0 - \tau \right). \quad (11)$$

3. По схеме рис. 7 рассмотрим условия захвата волокнистого материала при установившемся процессе [3, 12...14].

По оси Ox определим следующее:

$$N_1 - N_2 = 0; \quad N_1 = N_2$$

$$F_y - G_k - G_{mn} = 0.$$

Таким образом, получаем следующее выражение: $F_y > G_k + G_{mn}$.

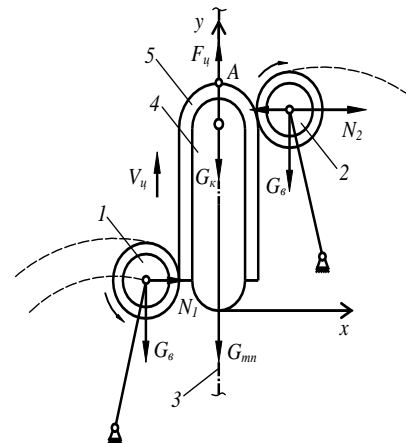


Рис. 7

В результате вертикального движения транспортирующей плиты 4 две половины (левая и правая) волокнистого материала 5 проходят между рабочими валами 1, 2. В этом случае общую зону обработки D волокнистого материала 5 запишем в следующем виде:

$$D = D_1 + D_2 = L + \frac{\pi}{2} \left(\frac{d_{mn}}{2} + t_0 - \tau \right) + L + \frac{\pi}{2} \left(\frac{d_{mn}}{2} + t_0 - \tau \right) = 2L + \pi \left(\frac{d_{mn}}{2} + t_0 - \tau \right) \quad (12)$$

Величину обрабатываемой площади между вращающимися рабочими валами и зону обработки материала определим из выражения:

$$2L + \pi \left(\frac{d_{mn}}{2} + t_0 - \tau \right) - 2L - 2\alpha \left(\frac{d_{mn}}{2} + t_0 - \tau \right) =$$

$$= (\pi - 2\alpha) \left(\frac{d_{mn}}{2} + t_0 - \tau \right) \quad (13)$$

Выражение (13) всегда должно отвечать следующему условию: $\alpha < \pi/2$.

На рис. 8 показан график зависимости площади обрабатываемого материала от технических параметров рабочих органов валковой технологической машины при следующих заданных значениях: $L=2$ м; $t_0=0,012$ м; $d_{mn}=0,15$ м при горизонтальном и дугообразном движении рабочих валов машин вертикального типа.

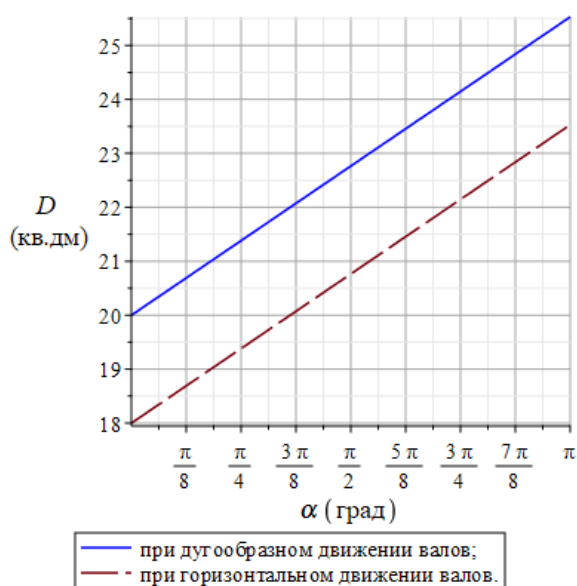


Рис. 8

Из рисунка видно, что с увеличением угла α , образованного между расстоянием от центра округления носовой части транспортирующей плиты до центра рабочего (левого или правого) вала и горизонтальной линией (см. рис. 3), зона обработки материала D (дм²) увеличивается.

Таким образом, из сопоставления существующего [7...10] и предлагаемого [6] способов вертикального отжима волокнистого материала можно сделать следующий

вывод: площадь обработки материала, охватываемого рабочими валами, установленными на рычагах один над другим, будет больше обрабатываемой площади материала, охватываемого рабочими валами, установленными в один ряд по прямой линии.

ВЫВОДЫ

1. Теоретически определено, что разработанная конструкция валковой технологической машины вертикального типа позволяет увеличить площадь волокнистого материала, находящегося на перегибе (носовой части) подающей плиты. Эта дополнительно обработанная полоса волокнистого материала позволит существенно повысить выход волокнистых материалов по полезной площади, так как при вертикальном отжиме волокнистый материал частично подвергается растяжке.

2. В целях предотвращения соскальзывания обрабатываемого материала с поверхности транспортирующей плиты он должен быть зажат двумя рабочими валами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ершов С.В., Калинин Е.Н. Устройство для создания динамического режима нагружения исполнительных органов технологических машин // Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности: матер. междунар. науч. конф. Витебск: ВГТУ, 2011. Ч. 2. С. 168...170. – EDN EYJJVD.
2. Ершов С.В., Калинин Е.Н., Кузнецов В.Б. и др. Влияние динамического воздействия на кинетику процесса импрегнирования в синтезе полимерного композитного материала // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 6 (396). С. 195...204.
3. Ершов С.В., Кожевников С.О., Никифорова Е.Н. и др. Анализ влияния переходных процессов на обезвоживание волокнистой структуры распределенным давлением в динамическом режиме нагружения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2020. № 5 (389). С. 85...91.
4. Авторское свидетельство № 1305215 А1 СССР, МПК D06B 13/00. Устройство для обработки упруговязкого материала. – EDN SQJEPK.
5. Machine perfectionnée pour le délainage des peaux. Demande de certificat d'addition № 76 18746. Etablissements BERNAT-SAULIERE S.A. France, 1978.
6. Пат. на полезную модель РУз. №FAP 00686. Линия для транспортирования и механической обработки плоского материала.

7. Аманов Т.Ю., Баубеков С.Д., Цой Г.Н., Набиев А.М. Устройство для обеспечения усилия прижима между рабочими органами валковых технологических машин // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 9. С. 9...14. – <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=37151> (дата обращения 06.10.2023).

8. Amanov A.T., Bahadirov G.A., Nabiev A.M. A Study on the Pressure Mechanism Improvement of a Roller-Type Machine Working Bodies. *J Materials*. 2023; 16(5):1956. Switzerland. – <https://doi.org/10.3390/ma16051956>

9. Бахадиров Г.А., Набиев А.М., Рахимов Ф.Р., Мусиров М.У. Определение параметров цепного транспортирующего устройства валковой машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 5 (407). С. 168...174.

10. Amanov A.T., Bahadirov G.A., Tsoy G.N., Nabiev A.M. Effect of Multilayer Processing of Semi-finished Leather Products. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, Vol. 11, No. 4, P. 248...254, April 2022. – DOI: 10.18178/ijmerr.11.4.248-254

11. Пат. на полезную модель РУз. №FAP 00685. Машина для механической обработки штучных листовых материалов.

12. Чигарев А.В., Чигарев Ю.В. Курс теоретической механики: учеб. пособие. Минск: Новое знание; М.: ЦУПЛ, 2010. 399 с.

13. Бухгольц Н.Н. Основной курс теоретической механики. Ч.1. Кинематика, статика, динамика материальной точки: учеб. пособие. СПб.: Лань, 2009. 480 с.

14. Бухгольц Н.Н. Основной курс теоретической механики. Ч. 2. Динамика системы материальных точек: учеб. пособие. СПб.: Лань, 2009. 336 с.

REFERENCES

1. Ershov S.V., Kalinin E.N. Device for creating a dynamic loading mode for the executive bodies of technological machines // New in engineering and technology of textile and light industry: Proceedings of the International scientific conference. In 2 parts, Vitebsk, November 26, 2011. Volume Part 2. – Vitebsk: Vitebsk State Technological University, 2011. – P. 168...170. – EDN EYJJVD.

2. Ershov S.V., Kalinin E.N., Kuznetsov V.B. etc. Influence of dynamic impact on the kinetics of the impregnation process in the synthesis of a polymeric composite material // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2021. No. 6 (396). P. 195...204.

3. Ershov S.V., Kozhevnikov S.O., Nikiforova E.N. etc. Analysis of the influence of transition processes on

the dewatering of a fibrous structure by distributed pressure in dynamic loading mode // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2020. No. 5 (389). P. 85...91.

4. Copyright certificate No. 1305215 A1 USSR, IPC D06B 13/00. Device for processing viscoelastic material. – EDN SQJEPK.

5. *Machine perfectionnée pour le délainage des peaux*. Demande de certificat d'addition № 76 18746. Etablissements BERNAT-SAULIERE S.A. France, 1978.

6. Pat. for utility model of the Republic of Uzbekistan. No. FAP 00686. Line for conveying and mechanical processing of flat material.

7. Amanov T.Yu., Baubekov S.D., Tsoy G.N., Nabiev A.M. Device for ensuring pressing force between the working bodies of roller technological machines // *Modern science-intensive technologies*. 2018. No. 9. P. 9...14. – <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=37151> (access date: 10/06/2023).

8. Amanov A.T., Bahadirov G.A., Nabiev A.M. A Study on the Pressure Mechanism Improvement of a Roller-Type Machine Working Bodies. *J Materials*. 2023; 16(5):1956. Switzerland. – <https://doi.org/10.3390/ma16051956>

9. Bahadirov G.A., Nabiev A.M., Rakhimov F.R., Musirov M.U. Determination of the parameters of the chain conveying device of the roller machine // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2023. No. 5 (407). P. 168...174.

10. Amanov A.T., Bahadirov G.A., Tsoy G.N., Nabiev A.M. Effect of Multilayer Processing of Semi-finished Leather Products. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, Vol. 11, No. 4, P. 248...254, April 2022. – DOI: 10.18178/ijmerr.11.4.248-254

11. Pat. for utility model of the Republic of Uzbekistan. No. FAP 00685. Machine for mechanical processing of single-piece sheet materials.

12. Chigarev A.V., Chigarev Yu.V. Course of theoretical mechanics. Teaching aid. Minsk: New knowledge; M.: TsUPL, 2010. 399 p.

13. Buchgolts N.N. Basic course in theoretical mechanics. Part 1. Kinematics, statics, dynamics of a material point. Teaching aid. St. Petersburg: Lan, 2009. 480 p.

14. Buchgolts N.N. Basic course in theoretical mechanics. Part 2. Dynamics of a system of material points. Teaching aid. St. Petersburg: Lan, 2009. 336 p.

Рекомендована лабораторией «Теория механизмов и машин» Института механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз. Поступила 25.01.24.