МАШИНА С ЗУБЧАТЫМИ ВАЛАМИ: ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И ОСОБЕННОСТИ

Бахадиров Гайрат Атаханович
Д-р техн. наук, проф, Республика Узбекистан, г. Ташкент Институт механики и сейсмостойкости сооружений им. М.Т.Уразбаева Академии наук Республики Узбекистан
E-mail: instmech@rambler.ru
Набиев Айдер Мустафаевич
Д-р филос. техн. наук (PhD), ст.н.с., Республика Узбекистан, г. Ташкент Институт механики и сейсмостойкости сооружений им. М.Т.Уразбаева Академии наук Республики Узбекистан
E-mail: a.nabiev@mail.ru
Цой Герасим Николаевич
Канд. техн. наук, ст.н.с., Республика Узбекистан, г. Ташкент Институт механики и сейсмостойкости сооружений им. М.Т.Уразбаева Академии наук Республики Узбекистан
E-mail: tsoygeran@mail.ru

Аннотация: Рациональное использование отходов кожи и текстиля предполагает их измельчение. В настоящее время для измельчения используются машины и оборудование различных типов. Кожевенно-меховое производство сопряжено с образованием больших объемов отходов (обрезки, пыль, дубящие вещества и др.), которые загрязняют окружающую среду, чем создают реальную угрозу здоровью людей из-за содержания токсичных веществ. В статье разработана конструкция цепного привода зубчатых валков дробилки для измельчения материалов с низкой прочностью (до 50 МПа). Процесс дробления материалов осуществляется методом сжатия и истирания за счет расположения зубцов в шахматном порядке. Приведены устройство дробилки и принцип ее работы.

Ключевые слова: дробление, сжатие, цепная передача, зубчатые валы, измельчение.

Abstract: Rational use of leather and textile waste involves shredding them. Various types of shredding machines and equipment are currently used.Tannery production generates large volumes of waste (trim, dust, chemicals), which pollute the environment and pose a health hazard due to the toxic substances they contain. This article develops a design for a chain drive for toothed rollers in a crusher for crushing low-strength materials (up to 50 MPa). The crushing process involves compression and abrasion due to the staggered arrangement of the teeth. The crusher's design and operating principle are described.

Keywords: crushing, compression, chain drive, toothed rollers, grinding.

ISSN 3030-3907

Annotatsiya: Charm va to‘qimachilik chiqindilaridan oqilona foydalanish ularni maydalashni o‘z ichiga oladi. Hozirda turli xil maydalash mashinalari va uskunalari qo‘llaniladi. Teri ishlab chiqarish katta hajmdagi chiqindilarni (bezaklar, chang, kimyoviy moddalar) hosil qiladi, ular atrof-muhitni ifloslantiradi va tarkibidagi zaharli moddalar tufayli sog‘liq uchun xavf tug‘diradi. Ushbu maqolada past kuchli materiallarni (50 MPa gacha) maydalash uchun maydalagichdagi tishli roliklar uchun zanjirli uzatma dizayni ishlab chiqilgan. Maydalash jarayoni tishlarning pog‘onali joylashuvi tufayli siqishni va aşınmayı o‘z ichiga oladi. Maydalagichning dizayni va ishlash printsipi tasvirlangan.

Kalit so‘zlar: maydalash, siqish, zanjirli uzatma, tishli vallar, uqalash.

Введение.

В мире активно развивается промышленное производство. Показатели объема производства промышленных товаров повышаются [1, 2].

Вместе с этим в кожевенной промышленности образуется очень много отходов, включая недубленые (мездра, шерсть, обрезки и др.) и дубленые (спилок, кожевенная пыль), которые составляют значительную долю (от 40 до 50%) от исходного сырья, но современные технологии позволяют перерабатывать их в ценные продукты, такие как наполнители, коллагенсодержащие материалы, строительные и кожеподобные материалы, снижая нагрузку на окружающую среду.

К примеру, из 1 тонны сырья КРС (крупного рогатого скота) может образовываться от 400 до 500 кг недубленых отходов, что показывает, насколько это значительный объем.

Измельченные отходы применяются в производстве прессованной кожи, строительных материалов (например, теплоизоляционных), а также в качестве компонентов для новых кожеподобных материалов.

Целью разработки является расширение функциональной возможности валкового устройства, повышение качества обработки материалов, обеспечение устойчивой и надежной работы привода рабочих органов, независимо от изменения параметров обрабатываемых материалов.

В валковых устройствах обработка материалов выполняется посредством вращающихся рабочих органов. Обработка материала происходит между приводными рабочими органами под нагрузкой их сжатия. Рабочее покрытие рабочих органов может быть гладкой, рифленой, а также зубчатой, с шахматным расположением зубьев. Рабочие органы вращаются с помощью электродвигателя и редуктора, служащий для увеличения крутящего момента, что повышает производительность при обработке материалов.

ISSN 3030-3907

Наряду с определенными преимуществами валковых устройств, они имеют некоторые недостатки, например, такие как:

- малая производительность;
- низкая степень обработки твердых материалов;
- высокая степень износа рабочих органов валкового устройства;
- возможные перекосы рабочих органов при захвате материала.

Технические характеристики машина позволят осуществлять обеспечение синхронности рабочих органов, за счет обеспечения симметричного поворота рабочих органов относительно друг друга на некоторый угол, зависящий от изменения размеров обрабатываемого материала при захвате его на обработку, обеспечивая синхронность вращения рабочих органов, снижая износ их поверхностей и повышая производительность валковой дробилки [3–5].

Актуальность выполненной работы заключается в следующем:

- минимизация экологической нагрузки и утилизация больших объемов органических отходов.
- создание новых продуктов из вторичного сырья, что экономически выгодно для обрабатывающих производств.

Материалы исследования.

Машина с зубчатыми рабочими органами для размалывания отходов и других, состоит из электродвигателя 1 соединенный с редуктором 2. Звездочка 3 на редукторе 2 соединена с поворотно втулочно-роликовой цепью 4. Звездочка 5 контактируется с вертикальной ветвью цепи 4. Поворотно втулочно-роликовой цепь 7 контактируется со звездочками 6 и 8. На поверхности размалывающего вала 9 установлены зубья 24. А звездочка 10 соединена поворотно втулочно-роликовой цепью 11 со звездочками 12 (рисунок 1).

На поверхности размалывающего вала 13 установлены зубья 25. Звездочка 14 контактируется с вертикальным участком цепи 4 только с другой стороны относительно звездочки 5. Для натяжения цепи 4 установлена звездочка 15 и 16. Размалываемый материал 17 состоит в виде отходов 17. Для прижима размалывающих зубчатых валов 9 с зубьями 24 установлены гидроцилиндры 18, которые состоят из штока с поршнем и подпружинены пружиной 26, а для прижима размалывающих валов 13 с зубьями 25 установлены гидроцилиндры 19, которые состоят из штока с поршнем подпружиненный пружиной 27 (рисунок 2). Размалывающие валы 9 и 13 установлены на раме 28. Также звездочки 5 с 6 и 10 с 14, 15, 16 установлены на раме 28.

ISSN 3030-3907

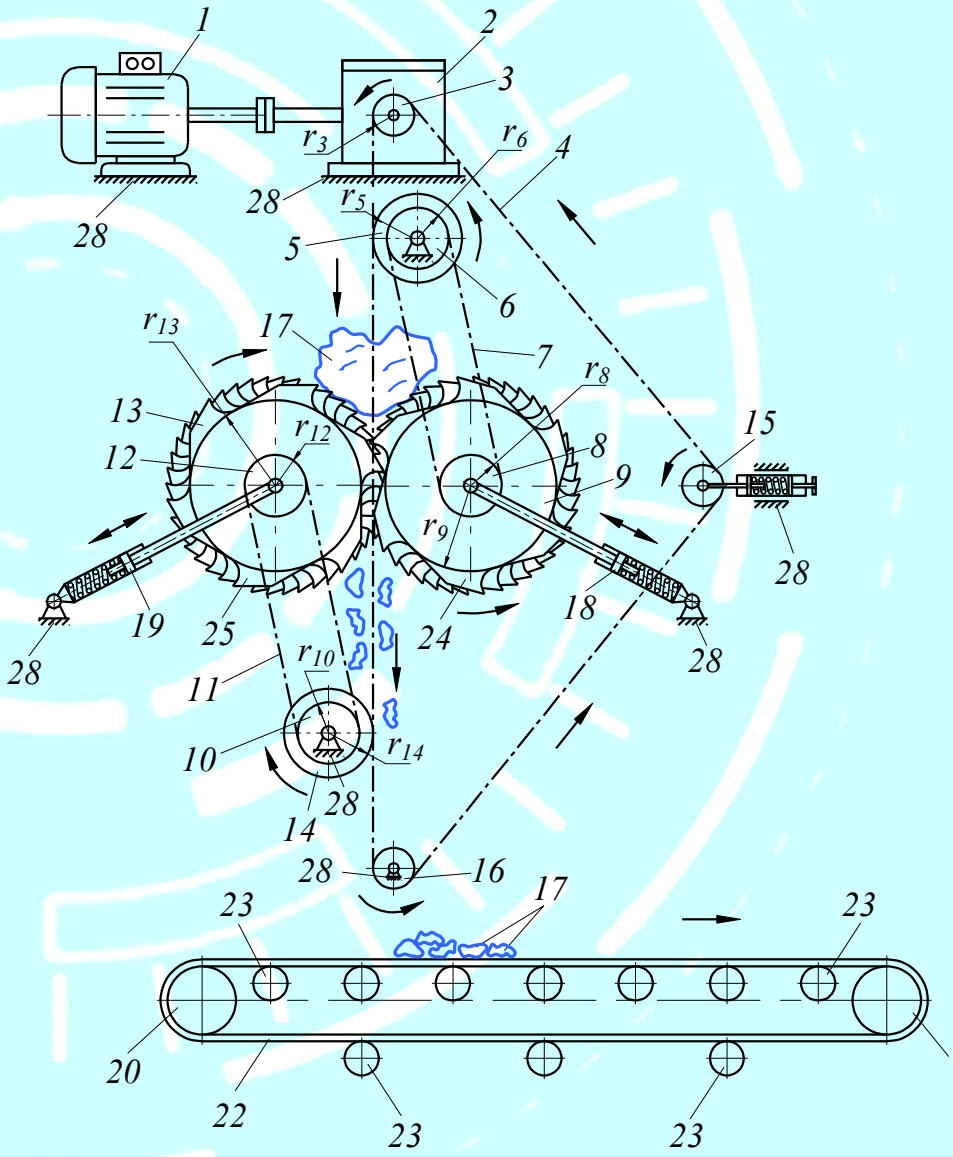


Рисунок 1. Общий вид усовершенствованной машины (вид сбоку)

Для отвода размолотых материалов 17 установлен транспортер состоящий из валов 20 и 21, которых огибает транспортерная лента 22. Под транспортерной лентой установлены опорные ролики 23 [6–8].

Размалывающая машина работает следующим образом:

Включается электродвигатель 1 и вращение через редуктор 2 и звездочки 3 передается на поворотно втулочно-роликоую цепь 4, который вращает звездочку 5, а звездочка 6 установлена на одной оси 5 и передает вращение звездочке 8 поворотно втулочно-роликовой цепью 7 [9–12]. Так как звездочка 8 установлена на оси размалывающего зубчатого вала 9 с зубьями 24, то вращает и его. Поворотно втулочно-роликовый цепь 4 на нижней вертикальной ветви контактируется со звездочкой 14 и вращает ее [13–18].

ISSN 3030-3907

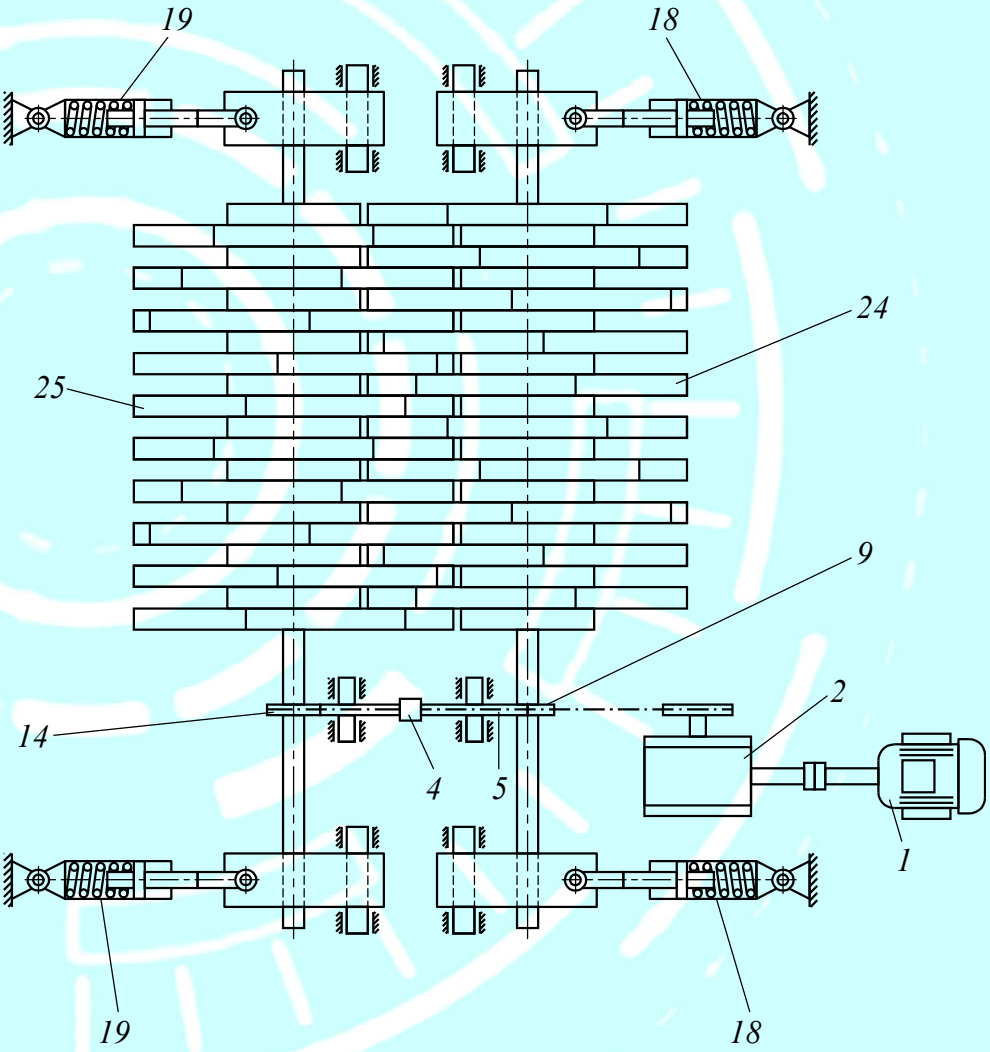


Рисунок 2. Расположение рабочих органов машины (вид сверху)

Размалываемый материал 17 подается сверху между размалывающими зубчатыми валами 9 с зубьями 24 и размалывающими валами 13 с зубьями 25 (рисунок 3).

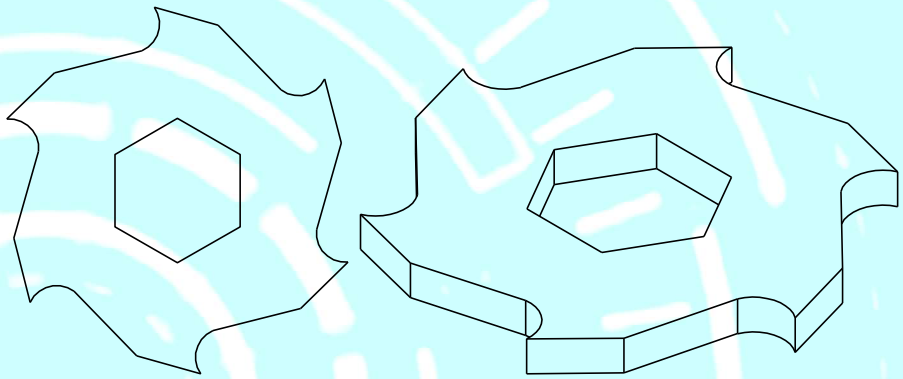
Размолотый материал 17 падает на ленту 22 отводящего транспортера и отводится на место разгрузки для дальнейшей глубокой переработки [19–22].

Механизмы цепной передачи широко используются в промышленности и машиностроении.

Они являются основными системами передачи движения и играют важную роль в точной и эффективной передаче сил и движения в механических системах.

Цепные передачи могут использоваться как в простых механических устройствах, так и в сложных промышленных системах.

ISSN 3030-3907



а) *б*)

а) вид сбоку; *б*) вид в изометрии

Рисунок 3. Схемы ножей рабочих валов машины

Принцип работы этого механизма прост: вращение одного вала передается на другой через цепь. В этом механизме точно рассчитаны передаточное отношение движения, распределение сил и сопротивлений, что помогает обеспечить высокую эффективность производственных процессов.

Важно улучшить качество обрабатываемого в механизме материала, обеспечить необходимые усилия и точно передать движение с одного вала на другой.

Механизм транспортирования имеет два рабочих вала, звездочки и цепи. Каждый элемент представлен своей скоростью вращения и радиусом. Определяем скорость звездочки 3 на редукторе 2.

$$V_3 = \omega_{ред} r_3, \qquad (1)$$

где, $\omega_{ред}$ – угловая скорость выходного вала редуктора, r_3 – радиус звездочки 3.

Звездочка 3 перемещает цепь 4. На вертикальном участке цепь 4 контактируется и передаёт вращение звездочке 5 и имеет линейную скорость

$$V_5 = V_3 = \omega_{ред} r_3, \qquad (2)$$

а угловая скорость равна

$$\omega_5 = \frac{V_5}{r_5} = \omega_{ред} \frac{r_3}{r_5}. \qquad (3)$$

Так как звездочка 6 посажена на одном валу со звездочкой 5 то их угловые скорости вращения равны

$$\omega_5 = \omega_6, \qquad (4)$$

а линейная скорость звездочки равна

$$V_6 = \omega_5 \frac{z_6}{z_5} r_6. \qquad (5)$$

Далее цепь 7 установлена на звездочке 6 то ее линейная скорость равна скорости звездочки 6. А звездочка 8 контактируется с цепью 7, то линейная

ISSN 3030-3907

скорость звездочки 8, будет равна линейной скорости звездочки 6, и скорости V_7 цепи 7, следовательно:

$$V_6 = V_8; \quad (6)$$

$$V_6 = \omega_5 \frac{z_6}{z_5} r_6 = \frac{\omega_{ред} \cdot r_3 \cdot z_6}{r_5 \cdot z_5} \cdot r_6 = \omega_8 \cdot r_8; \quad (7)$$

Угловая скорость звездочки 8.

$$\omega_8 = \frac{\omega_{ред} \cdot r_3 \cdot z_6 \cdot r_6}{r_8 \cdot r_5 \cdot z_5}. \quad (8)$$

Линейная скорость звездочки 8 будет равна

$$V_8 = \omega_8 \cdot r_8 = \frac{\omega_{ред} \cdot r_3 \cdot z_6 \cdot r_6}{r_8 \cdot r_5 \cdot z_5} = \omega_{ред} \frac{r_3 \cdot z_6 \cdot r_6}{r_5 \cdot z_5}. \quad (9)$$

Линейная скорость размалывающего вала 9 равна

$$V_9 = V_8 \cdot \frac{r_9}{r_8} = \frac{\omega_{ред} \cdot r_3 \cdot z_6 \cdot r_6 \cdot r_9}{r_5 \cdot z_5 \cdot r_8}; \quad (9)$$

$$V_9 = \frac{\omega_{ред} \cdot r_3 \cdot z_6 \cdot r_6 \cdot r_9}{r_5 \cdot z_5 \cdot r_8}; \quad (10)$$

Звездочка 14 контактируется с цепью 4 нижней частью вертикальной ветви и имеет линейную скорость

$$V_{14} = V_{цепи} = V_3 = V_3 = \omega_{ред} \cdot r_3; \quad (11)$$

Угловая скорость звездочка 14 равна

$$\omega_{14} = \frac{V_{14}}{r_{14}} = \frac{V_3}{r_{14}} = \omega_{ред} \frac{z_3}{z_{14}}; \quad (12)$$

так как звездочки 14 и 10 установлены на одной оси то их угловые скорости будут равны

$$\omega_{14} = \omega_{10}. \quad (13)$$

Линейная скорость звездочки 10 будет равна

$$V_{10} = \omega_{ред} \cdot r_3 \cdot \frac{z_{10}}{z_{14}}. \quad (14)$$

Линейная скорость звездочки 10 равны с линейной скоростью звездочки 12, так как их одновременно вращает цепь 11

$$V_{11} = V_{10} = V_{12} = \omega_{ред} \cdot \frac{z_{10}}{z_{14}} \cdot r_3. \quad (15)$$

Угловая скорость звездочки 12 будет равна следующему

$$\omega_{12} = \frac{V_{12}}{r_{12}}; \quad (16)$$

ISSN 3030-3907

$$\omega_{12} = \frac{\omega_{ред} \cdot r_3 \cdot z_{10} \cdot r_{10}}{r_{12} \cdot r_5 \cdot z_{14}}, \qquad (17)$$

так как звездочка 12 сидит на оси измельчающего вала 13, то их угловые скорость равны. Следовательно, линейная скорость измельчающего вала 13 будет равна

$$V_{13} = V_{12} \frac{r_{13}}{r_{12}} = \frac{\omega_{ред} \cdot r_{10} \cdot z_{10} \cdot r_3}{r_{12} \cdot r_{14} \cdot z_{14}} \cdot \frac{r_{13}}{r_{12}} \cdot r_3, \qquad (18)$$

V_3 – скорость цепи 4,
r_3 – радиус звездочки 3,
z_3 – числа зубьев звездочки 3,
r_5 – радиус звездочки 5,
z_5 – числа зубьев звездочки 5,
r_6 – радиус звездочки 6,
z_6 – числа зубьев звездочки 6,
V_7 – скорость цепи 7,
r_8 – радиус звездочки 8,
z_8 – числа зубьев звездочки 8,
r_9 – радиус звездочки 9,
r_{10} – радиус звездочки 10,
z_{10} – числа зубьев звездочки 10,
V_{11} – скорость цепи 11,
r_{12} – радиус звездочки 12,
z_{12} – числа зубьев звездочки 12,
V_{13} – скорость размалывающий вала 13,
r_{14} – радиус звездочки 14,
z_{14} – числа зубьев звездочки 14.

С помощью формул (1–18) можно рассчитать соединение между каждой звездочкой и приводными зубчатыми валами машины. Связь между скоростью вращения, линейной скоростью и моментами каждого элемента помогает наглядно разобрать работу механизмов машины. Можно определить взаимодействие каждой части механизма.

Выводы.

Разработана усовершенствованная конструкция машины с зубчатыми валами, имеющая расширенные технологические функции, позволяющие повысить качество обработки материалов за счет обеспечения устойчивой и надежной работы зубчатых валов, независимо от изменения параметров обрабатываемых материалов.

На основе глубокой переработки отходов кожсырья, то есть за счет измельчения можно будет использовать отходы в виде наполнителей

ISSN 3030-3907

(прессованная кожа, строительные материалы) и получать кожеподобные материалы.

Цепные передачи играют важную роль в осуществлении движения в технических системах. Эффективная передача движения и энергии в исполнительном механизме основана на кинематических и динамических расчетах. Кинематический анализ помогает определить движение и скорости в механизме, а динамические расчеты важны для определения эффективности механизма и действия сил.

Кроме того, для эффективной работы исполнительных механизмов технологических машин необходимо точно рассчитывать силы и моменты каждой детали, движение и скорость. Это, в свою очередь, обеспечивает надежность и эффективность механизма. Чтобы усовершенствовать исполнительный механизм и сделать его более эффективным, необходимо постоянно обновлять кинематические и динамические расчеты.

Финансовая поддержка: Работа выполнена при поддержке и за счет бюджетных средств Академии наук Республики Узбекистан и Института механики и сейсмостойкости сооружений имени М.Т.Уразбаева Академии наук Республики Узбекистан.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клушанцев Б.В., Косарев А.И., Муйземнек Ю.А. Дробилки. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации. М.: Машиностроение, 1990. —320 с: ил. ISBN 5-217-00870-9.
2. Работнов Ю.Н. Введение в механику разрушения. М.: 1987.
3. Amanov T.Y. et al. Device for Providing Pressure Force between Working Bodies of Roller Technological Machines. Mod //High-Tech Technol. – 2018. – Т. 9. – С. 9-14.
4. Nabiev A., Tsoy G., Bahadirov G. Conditions for vertical pulling of semi-finished leather products under driving rollers //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 376. – С. 01073.
5. Amanov A. T. et al. Improvement of the Process of Mechanical Dehydration of Five-Layer Semi-finished Wet Leather Products //Textile & Leather Review. – 2021. – Т. 4. – №. 4. – С. 282-294.
6. Устройство для обеспечения усилия прижима между рабочими органами валковых технологических машин / Т. Ю. Аманов, С. Д. Баубеков, Г. Н. Цой, А. М. Набиев // Современные наукоемкие технологии. – 2018. – № 9. – С. 9-14. – EDN OZVUKJ.
7. Amanov A.T., Bahadirov G.A., Tsoy G.N., Nabiev A.M. Improvement of the process of mechanical dehydration of five-layer wet leather semi-finished products. Textile & Leather Review.. 2021.

ISSN 3030-3907

8. Umarov A., Nabiev A., Khusanov K., Shernaev A. Features of parameters of a pair of rolls. AIP Conf. Proc. 21 November 2023; 2821 (1): 030020. https://doi.org/10.1063/5.0159452
9. Nabiev A.M., Tsoy G.N., Bahadirov G.A. Device for determining permeability of tanning liquid //Int J Mod Manuf Technol. – 2023. – Т. 15. – №. 3. – С. 8.
10. Бахадиров Г.А., Набиев А.М. Классификация и анализ опорных плит валковой машины. In Машиностроение и техносфера XXI века//Сборник трудов XXIV международной научно-технической конференции в г. Севастополе 2017 Sep (pp. 11-17).
11. 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;5(407):168-74.
12. Nabiev A., Tsoy G., Bahadirov G. Ensuring conditions for the squeezed fluid flowing from the skin along the conveyor of the technological machine //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 458. – С. 02015.
13. Bahadirov G.A., et. al. Experiments on Moisture Squeezing from a Leather Semi-Finished Product // International Journal of Recent Technology and Engineering. – 2020. – Vol. 8, No. 5. – P. 3367-3371. – DOI 10.35940/ijrte.e6125.018520. – EDN NZTEQT.
14. Бахадиров Г.А. Механика отжимной валковой пары. – Ташкент: Фан. 2010. – 155 с.
15. Бахадиров Г.А., Цой Г.Н., Набиев А.М. Техника и технология для обработки кожсырья. – Новосибирск : Общество с ограниченной ответственностью "Сибирская академическая книга", 2023. – 214 с. – ISBN 978-5-605-05493-1. – EDN BPGDBU.
16. Nabiev A. et al. Research and improvement of a staking machine for processing elastic-viscous fibrous materials //International Journal of Modern Manufacturing Technologies. – 2024. – Т. 16. – №. 3. – С. 8-20.
17. Бахадиров Г. А. и др. Исследование зоны между валковыми парами для обработки штучных изделий из волокнистого материала //Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2024. – №. 2. – С. 410.
18. Amanov A. T. et al. Effect of Multilayer Processing of Semi-finished Leather Products Int //J. Mech. Eng. Robot. Res. – 2022.
19. Бахадиров Г. А. и др. Экспериментальный механизм давления валкового стенда //Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – 2021. – №. 2. – С. 3-8.

ISSN 3030-3907

20. Amanov A.T., Bahadirov G.A., Nabiev A.M. A Study on the Pressure Mechanism Improvement of a Roller-Type Machine Working Bodies. Materials 2023, 16, 1956. https://doi.org/10.3390/ma16051956
21. Партон В.З. Динамика хрупкого разрушения. М.: 1979.
22. Мошкин Е.К. Мельницы и дробильные агрегаты. М.: 1994.

ISSN 3030-3907