

УДК 675.055.165.001.76

**Г. А. Бахадиров**, д-р техн. наук, проф., **Г. Н. Цой**, канд. техн. наук,  
**А. М. Набиев**, ассистент  
Институт механики и сейсмостойкости сооружений Академии наук Республики  
Узбекистан, г. Ташкент, Узбекистан  
Тел. / Факс: (+99871) 262-71-52; E-mail: [instmech@rambler.ru](mailto:instmech@rambler.ru)

## ВЛИЯНИЕ КРАТНОСТИ НА ПРОЦЕСС ОБЕЗВОЖИВАНИЯ МОКРОГО КОЖЕВЕННОГО ПОЛУФАБРИКАТА

*В работе проведено экспериментальное исследование с целью определения зависимости количества удаленной влаги из мокрого кожевенного полуфабриката при его повторности (кратности) отжима между вращающимися отжимными валами. Эксперимент проводился с использованием металлической опорной плиты и отжимных валов, покрытые предварительно влагоотводящими материалами. Мокрый кожевенный полуфабрикат на опорной плите четыре раза подряд пропускался между отжимными валами, и соответственно замерялось количество удаленной влаги.*

**Ключевые слова:** отжимные валы; кожевенный полуфабрикат; опорная плита; вертикальная подача; кратность отжима.

**G. A. Bahadirov, G. N. Tsoy, A. M. Nabiev**

## INFLUENCE OF MULTIPLICITY ON THE PROCESS OF DEHYDRATION OF WET SEMI-FINISHED LEATHER

*An experimental study was carried out in this work in order to determine the dependence of the amount of moisture removed from a wet semi-finished leather product during its repetition (multiplicity) of pressing between rotating pressing rolls. The experiment was carried out using a metal base plate and wringer rolls, pre-coated with moisture-wicking materials. The wet semi-finished product on the base plate was passed four times in a row between the pressing rolls, and the amount of moisture removed was measured accordingly.*

**Keywords:** squeeze shafts; leather semi-finished product; base plate; vertical feed; pressing ratio.

### 1. Введение

Одной из проблем вертикальных валковых машин для механического обезвоживания является недостаточное удаление влаги из влагонасыщенного кожевенного полуфабриката на опорной плите между рабочими валами. Следовательно, устранение избыточной влаги из зоны перегиба влагонасыщенных листовых материалов, является актуальной для науки и производства. Рассмотрим работы по обработке различных материалов между валковыми парами.

В статье [1] приведено о контроле процесса горячей прокатки прутка и проволоки, с управлением требуемого зазора между валами. Результаты данной исследования могут быть полезны в совершенствовании конструкции валковых машин для обработки листовых материалов с переменной толщиной и поверхностью [2–4]. В работе [5] приведены результаты анализа факторов, влияющих на мощность, потребляемую приводом валкового модуля. Авторами работы [6] предложен универсальный транспортер с вогнутой поверхностью для перегрузочных операций кожевенного производства и погрузки сырья в транспортные средства.

Авторами работы [7] экспериментально определены затраты мощности и момента сопротивления расходуется в зоне контакта валов модулей при деформации их покрытий и обрабатываемого материала.

В работе [8] проведен динамический анализ валов валковых текстильных машин на основе численного метода. Разработан алгоритм для исследования валковых модулей с произвольным количеством валов. В работе [9] экспериментально определены коэффициенты трения покоя и скольжения для различных материалов. Получены зависимости коэффициентов трения от частоты вращения и величины фрикции валов. В исследовании [10] описаны этапы процесса и материалы, используемые при традиционном производстве кожи в Гане, а также научные принципы, лежащие в основе каждого из процессов. Сравнены традиционные и современные процессы производства кожи и выявлены и изучены исследования в области кустарного производства кожи. В работе [11] произведен обзор 39 рецензируемых статей на английском языке, из них 30 опубликованы за последние 6 лет. Работы подразделены на 4 типа: 1) процесс производства, 2) отдельные этапы производственного процесса, например, механическая обработка материалов, 3) переработка отходов и 4) долгосрочные стратегии для кожевенной промышленности. Отмечено о важности научно-практических знаний для совершенствования и выполнения технологических операций по обработке сырья.

В работе [12] автором проведен анализ существующих и новых технологий обработки давлением и выявлены признаки, определяющие комплексное локальное нагружение очага деформации. Разработана математическая модель процессов обработки металлов давлением с комплексным локальным нагружением очага деформации. Определено напряженно-деформированное состояние и характер пластического течения материала в очаге деформации.

Автором работы [13] исследована взаимосвязь между напряжениями, плотностью и деформациями для случаев напряженного состояния, возникающего в прокатке и волочении порошковых материалов, которая позволила повысить точность расчета напряженно-деформированного состояния при проведении вышеупомянутых технологических операций.

Установлено влияние формы, материала и толщины оболочки на геометрические характеристики очага деформации. Установлено влияние толщины и материала оболочки порошковой ленты на энергосиловые параметры процесса плющения.

В работе [14] разработан усовершенствованный метод моделирования упругих деформаций валков листовых станов, на основе трехмерной конечно-элементной модели валкового узла. Разработан новый аналитический метод расчета упругих деформаций шестивалковых клетей и выявлено, что при производстве холоднокатаных полос эффективнее использовать шестивалковые клетки по сравнению с четырехвалковыми.

В статье [15] усовершенствована конструкция устройства давления между рабочими валами, при значительных толщинах обрабатываемых материалов. В работе [16] разработаны новые типы опорных плит вертикальной валковой машины и рекомендованы наиболее рациональные их варианты для совершенствования технологического процесса отжима мокрых листовых материалов.

## 2. Основное содержание и результаты работы

Эксперимент проводился на валковом стенде, где отжимные валы установлены горизонтально, а опорная плита изготовлена из металлического листа толщиной 0,005 м, шириной 0,1 м, длиной 0,3 м (рис. 1).

Материал кожи для эксперимента брали бычину среднего развеса, после хромового дубления, двойного. Согласно Международному стандарту ИСО 2588-85 выбрано количество кожи по следующей формуле

$$n = 0,2\sqrt{x} \quad 1)$$

где  $x$  – число кож для эксперимента, взяли из партии 2500 шт., тогда  $n = 10$  шт. Из этих 10 кож вырезали резакон полосы поперек хребтовой линии размером  $0,05 \times 0,25$  м и пронумеровали полосы комплектовали в группы по 5 шт. по схеме из [17].

Эксперимент проводили следующим образом: на металлическую опорную плиту устанавливали мокрый кожевенный полуфабрикат, а затем включали стенд, устанавливали сжатие пружин по тарировке до нужного усилия прижима отжимных валов, скорость регулировали реостатом. До и после отжима кожевенный полуфабрикат взвешивали на лабораторных весах ВЛТЭ-500, дискретность 0,01 г (ISO-9001).

При обработке результатов эксперимента использовали метод D-оптимального планирования второго порядка с использованием матрицы плана К. Кано. При этом учитывали, что план К. Кано предусматривает варьирование факторов на трех уровнях: нижнем (-), нулевым (0) и верхнем (+), что целесообразно для данного исследования. На основе априорной информации изучали процесс удаления влаги с учетом двух факторов:  $x_1$  – давление валов  $P$ , кН/м;  $x_2$  – скорость пропуска  $V$ , м/с был выбран диапазон изменения давления прижима от 32 до 96 кН/м; скорость отжимных валов от 0,17 до 0,34 м/с, а количество повторностей пропуска пятислойного пакета кожевенных полуфабрикатов равно 5.

Перед проведением эксперимента методами математической статистики было выбрано необходимое количество измерений (число повторностей), которое обеспечивало требуемую точность. Уровни и интервалы варьирования фактора эксперимента приведены в табл. 1.

Рабочую матрицу составили по матрице плана К.Кано для двухфакторного эксперимента. Кодирование факторов осуществляли по формуле

$$x_i = \frac{c_i - c_{i0}}{t_0}, \tag{2}$$

где  $x_i$  – кодирование значения факторов;  $c_i, c_{i0}$  – натуральные значения фактора на текущем и нулевом уровнях;  $t_0$  – натуральное значение интервала варьирования фактора.

Функции цели аппроксимированы полиномом

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i,j=1}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 \tag{3}$$

где  $y$  – количество удаленной влаги в кодированном виде;  $b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii}$  - коэффициенты регрессии.

Таблица 1. – Уровни и интервалы варьирования фактора эксперимента

Показатель	Кодированное значение факторов	Натуральные значения факторов	
		$x_1$ , кН/м	$x_2$ , м/с
Верхний уровень	+	96	0,340
Нулевой уровень	0	64	0,255
Нижний уровень	-	32	0,170
Интервал варьирования		32	0,085

Однородность дисперсии проведена с помощью критерия Кохрена при доверительной вероятности  $\alpha = 0,95$ . Зная общее число оценок дисперсии  $N$  и число степеней свободы  $f=k-1$  вычисляем по табл. 2. Далее находим  $G_T=0,25$ , при  $N=9, f=10-1=9$ .  $k$  – число параллельных опытов.

$$S_{er}^2 = \frac{\sum_1^n (y - \bar{y})^2}{n - 1} \quad (4)$$

$$\sum_1^N S_i^2 = \frac{\sum_1^N \sum_1^n (y - \bar{y})^2}{N(n - 1)} \quad (5)$$

$$G_{cal} = \frac{S_{max}^2}{\sum_1^N S_i^2} \quad (6)$$

$$G_{cal1} = \frac{32,66}{148,91} = 0,21; \quad G_{cal2} = \frac{24,7}{155,5} = 0,15; \quad G_{cal3} = \frac{9,86}{43,34} = 0,22;$$

$$G_{cal4} = \frac{7,49}{36,86} = 0,2.$$

Для обеспечения воспроизводимости эксперимента, необходимо значение критерия Кохрена  $G_{cal}$  не должно превышать значение табличного  $G_T=0,25$ . Следует отметить, что в этом случае повторение данного эксперимента воспроизводимо. Учитывая, что  $G_{cal1}=0,21 < G_T=0,25$ ;  $G_{cal2}=0,15 < G_T=0,25$ ;  $G_{cal3}=0,22 < G_T=0,25$ ;  $G_{cal4}=0,2 < G_T=0,25$ , следовательно, результаты исследования воспроизводимы.

Определяем коэффициенты регрессии  $b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii}$ .

Для однократного отжима кожевенного полуфабриката в кодированном виде  $b_0 = 20,74; b_{11} = 0,26; b_1 = 5,72; b_{22} = 0,46; b_2 = 3,91; b_{12} = 2,35$ .

Для двукратного отжима кожевенного полуфабриката в кодированном виде  $b_0 = 25,14; b_{11} = 1,91; b_1 = 5,83; b_{22} = 0,85; b_2 = -4,08; b_{12} = 1,26$ .

Для трехкратного отжима кожевенного полуфабриката в кодированном виде  $b_0 = 28,25; b_{11} = -0,27; b_1 = 5,57; b_{22} = 0,73; b_2 = -3,84; b_{12} = 1,88$ .

Для четырехкратного отжима кожевенного полуфабриката в кодированном виде  $b_0 = 29,91; b_{11} = -0,33; b_1 = 5,66; b_{22} = 1,03; b_2 = -3,49; b_{12} = 1,55$ .

Далее получим следующие уравнения регрессии в кодированном виде:

Для однократного отжима кожевенного полуфабриката:

$$y_1 = 20,74 + 0,26x_1^2 + 0,46x_2^2 + 5,72x_1 - 3,91x_2 + 2,35x_1x_2 \quad (7)$$

Для двукратного отжима кожевенного полуфабриката:

$$y_2 = 25,12 - 1,19x_1^2 + 0,85x_2^2 + 5,83x_1 - 4,08x_2 + 1,26x_1x_2 \quad (8)$$

Для трехкратного отжима кожевенного полуфабриката:

$$y_3 = 28,25 - 0,27x_1^2 + 0,73x_2^2 + 5,57x_1 - 3,84x_2 + 1,88x_1x_2 \quad (9)$$

Для четырехкратного отжима кожевенного полуфабриката:

$$y_4 = 29,91 - 0,33x_1^2 + 1,03x_2^2 + 5,66x_1 - 3,49x_2 + 1,55x_1x_2 \quad (10)$$

Подставляя вместо  $x_1 = \frac{P - 64}{32}$ , где  $P$  – усилие прижима отжимных валов и

$x_2 = \frac{V - 0,255}{0,085}$ , где  $V$  – скорость пропуска мокрых кожевенных полуфабрикатов между

вращающимися отжимными валами получили уравнение удаленной влаги из мокрого кожевенного полуфабриката в процентах в зависимости от усилия прижима и скорости

пропуска мокрого кожевенного полуфабриката между вращающимися отжимными валами.

Таблица 2. – Определение коэффициентов регрессии

№	P, x <sub>1</sub>	V, x <sub>2</sub>	Множители коэффициентов						Крат- ность отжима	$\bar{y}$
			b <sub>0</sub>	b <sub>11</sub>	b <sub>22</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>12</sub>		
1	0	0	0,5772	-0,3234	-0,3234	0	0	0	1	20,5
									2	25,1
									3	28,1
									4	29,9
2	+	+	-0,1057	0,1691	0,1691	0,1961	0,1961	0,25	1	23,5
									2	28,9
									3	32,0
									4	34,5
3	-	+	-0,1057	0,1691	0,1691	-0,1961	0,1961	-0,25	1	11,7
									2	14,1
									3	17,5
									4	19,8
4	-	-	-0,1057	0,1691	0,1691	-0,1961	-0,1961	0,25	1	21,0
									2	25,5
									3	29,2
									4	30,7
5	+	-	-0,1057	0,1691	0,1691	0,1961	-0,1961	-0,25	1	30,4
									2	33,8
									3	36,2
									4	37,9
6	+	0	0,2114	0,1617	-0,3383	0,1078	0	0	1	28,0
									2	32,1
									3	34,5
									4	36,1
7	0	+	0,2114	-0,3383	0,1617	0	0,1078	0	1	18,7
									2	23,0
									3	25,9
									4	28,0
8	-	0	0,2114	0,1617	-0,3383	-0,1078	0	0	1	13,7
									2	18,1
									3	22,0
									4	23,5
9	0	-	0,2114	-0,3383	0,1617	0	-0,1078	0	1	25,4
									2	29,5
									3	32,5
									4	34,3

Гипотезу об адекватности полученных уравнений проверили с помощью критерия Фишера при доверительной вероятности  $\alpha = 0,95$  из [17], [18], [19].

$$F_{cal} = \frac{S_{ad}^2}{S_i^2\{y\}} < F_T \quad (11)$$

где  $S_{ad}^2$  – остаточная дисперсия, или дисперсия адекватности;  $S_i^2\{y\}$  – дисперсия воспроизводимости.

Из таблиц 1, 2 определим  $S_{ad}^2$  и  $S_i^2\{y\}$ .

Для однократного отжима кожевенного полуфабриката:

$$S_{ad}^2 = \frac{\sum_1^N n \cdot (\bar{y} - y_{cal})^2}{N - \frac{(k+2)(k+1)}{2}}; \quad (12)$$

$$S_i^2\{y\} = \frac{\sum_1^N \sum_1^n (y - \bar{y})^2}{N(n-1)}; \quad (13)$$

$$S_{ad1}^2 = \frac{10 \cdot 13,24}{3} = 44,13; S_1^2\{y\} = \frac{1340,19}{81} = 16,55; F_{cal1}=2,67 < F_T=3,2.$$

где  $N$  – общее число опытов;  $k$  – число факторов;  $n$  – число повторений в опыте;  $y_i$  – результат отдельного наблюдения;  $\bar{y}$  – средние арифметические значения результата опыта;  $y_{cal}$  – расчетные значения критерия по уравнению регрессии. Для двукратного отжима кожевенного полуфабриката:

$$S_{ad2}^2 = \frac{10 \cdot 5,95}{3} = 19,83; S_2^2\{y\} = \frac{775,38}{81} = 9,57; F_{cal2}=2,07 < F_T=3,2.$$

Для трехкратного отжима кожевенного полуфабриката:

$$S_{ad3}^2 = \frac{10 \cdot 2,367}{3} = 7,89; S_3^2\{y\} = \frac{390,33}{81} = 4,82; F_{cal3}=1,62 < F_T=3,2.$$

Для четырехкратного отжима кожевенного полуфабриката:

$$S_{ad4}^2 = \frac{10 \cdot 2,828}{3} = 9,41; S_4^2\{y\} = \frac{331,74}{81} = 4,10; F_{cal4}=2,3 < F_T=3,2.$$

### 3. Общие рекомендации

Итак, полученные уравнения регрессии (7), (8), (9), (10) можно считать пригодным с 95 %-ной доверительной вероятностью, которые в именованном виде после раскодировки имеют вид:

Для однократного отжима кожевенного полуфабриката:

$$\Delta W_1 = 26,4303 + 2,54 \cdot 10^{-4} P^2 + 63,6678V^2 - 0,0699P - 133,7666V + 0,864PV \quad (14)$$

Для двукратного отжима кожевенного полуфабриката:

$$\Delta W_2 = 36,8996 - 18,64 \cdot 10^{-4} P^2 + 117,647V^2 + 0,2465P - 151,7632V + 0,6838PV \quad (15)$$

Для трехкратного отжима кожевенного полуфабриката:

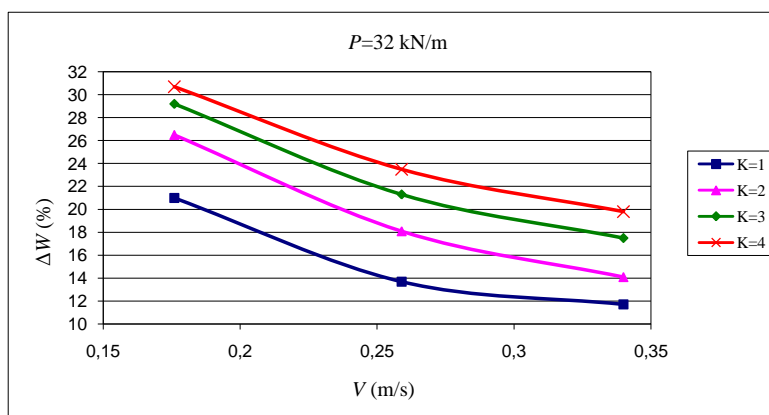
$$\Delta W_3 = 45,079 - 2,2637 \cdot 10^{-4} P^2 + 101,0381V^2 + 0,0317P - 140,9427V + 0,6912PV \quad (16)$$

Для четырехкратного отжима кожевенного полуфабриката:

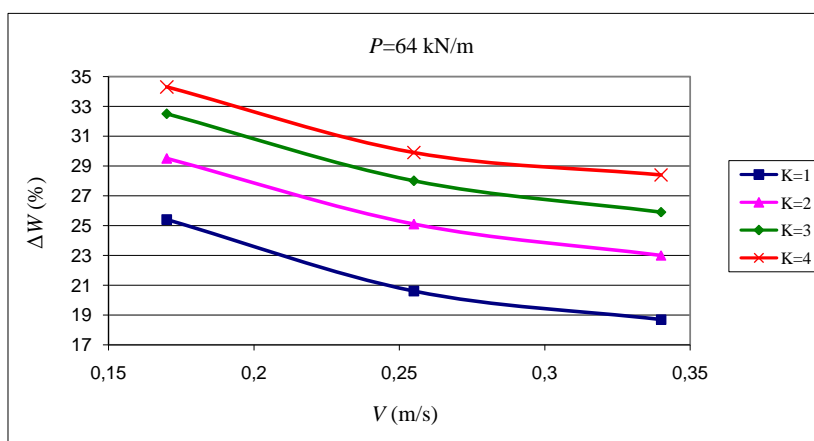
$$\Delta W_4 = 46,4091 - 3,2227 \cdot 10^{-4} P^2 + 142,5606V^2 - 0,385P - 140,9227V + 0,5698PV \quad (17)$$

На основе уравнений (14), (15), (16), (17) построены графики зависимости количества удаленной влаги  $\Delta W$  от скорости пропуска  $V$  и давления отжимных валов  $P$  с учетом изменения кратности  $K$  отжима кожевенного полуфабриката (рис.).

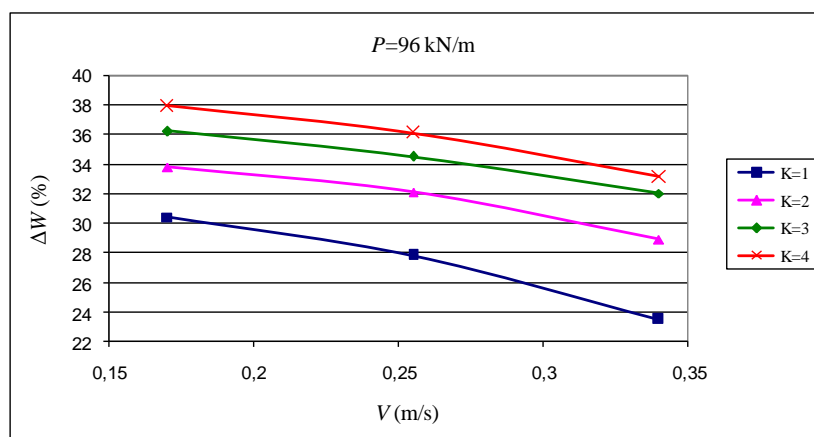
Исходя из того [2–4], что для кожи крупного рогатого скота средней массы после ее хромового дубления максимальное содержание влаги в топографическом участке кожи полы достигает до 73 %, а в чепраке до 65 %. Остаточная влажность кожевенного полуфабриката после его отжима должна составлять в пределах 55–60 %, которая может меняться в зависимости от его дальнейшего назначения.



a)



б)



в)

*K* – кратность отжима кожевенного полуфабриката  
 Рисунок. Зависимость количества удаленной влаги  $\Delta W$  от скорости пропуска  $V$  и изменение кратности отжима кожевенного полуфабриката при  $P=32$  кН/м (а),  $P=64$  кН/м (б),  $P=96$  кН/м (в)

Анализ графиков, результатов проведенных экспериментальных исследований, зависимости количества удаленной влаги из однослойного пакета образцов мокрых ко-

жевенных полуфабрикатов на отжимной валковой паре с вертикальной подачей на металлической опорной плите показывает, что с увеличением давлений отжима при  $P=32$  кН/м (а),  $P=64$  кН/м(б),  $P=96$  кН/м (в), в графике угол наклона удаленной влаги  $\Delta W$  от скорости пропуска  $V$  уменьшается. Это подчиняется и при многократном отжиге кожевенного полуфабриката.

#### 4. Заключение

При однократном отжиге мокрых кожевенных полуфабрикатов обеспечено удаление избыточной влаги минимум в 9,0 % и максимум в 30,4 %, при двукратном отжиге удаления избыточной влаги минимум 14,1 и максимум 33,8 %, при трех кратном отжиге удаленной избыточной влаги минимум составляет 17,5% и максимум 36,2%, при четырех кратном отжиге избыточной влаги минимум составляет 19,8% и максимум 37,9%. Результаты второго отжима избыточной влаги минимум составляет 3,4%.а максимум 5,1%, Результаты отжима избыточной влаги третьего отжима составляет минимум 2.4%, а максимум 3,4%. Результаты четвертого отжима влаги составляет минимум 1,7% , а максимум 2,45%.Каждый последующий отжим снижает количество удаленной влаги.

Таким образом, многократность отжима влаги из мокрого кожевенного полуфабриката важна и необходима не только с точки зрения удаления влаги, но и с точки зрения повышения выхода полезной площади кожевенного полуфабриката.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Omar Gamal, Mohamed Imran Peer Mohamed, Chirag Ghanshyambhai Patel, and Hubert Roth, "Data-Driven Model-Free Intelligent Roll Gap Control of Bar and Wire Hot Rolling Process Using Reinforcement Learning," International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research, Vol. 10, No. 7, pp.349-356, July 2021. DOI: 10.18178/ijmerr.10.7.349-356
2. Amanov, A. Determination of Strain Properties of the Leather Semi-Finished Product and Moisture-Removing Materials of Compression Rolls *Materials (Basel)* / Amanov, A., Bahadirov, G., Amanov, T., Tsoy, G., Nabiev, A – 2019. – 12 3620.
3. Bahadirov, G., Tsoy, G., Nabiev, A. Study of the efficiency of squeezing moisture-saturated products. EUREKA: Physics and Engineering, (1), 2021. – pp. 86–96: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.001606>
4. Bahadirov, G. Experimental dehydration of wet fibrous materials. / Bahadirov, G., Sultanov, T., Tsoy, G., Nabiev, A. // E3S Web Conf. Volume 264, 2021. International Scientific Conference “Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering” (Conmechhydro - 2021). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126404060>
5. Крылов, А. В. Определение математической модели зависимости потребляемой мощности на привод валкового модуля от факторов / А. В. Крылов, И. Ю. Шахова, А. А. Тувин, Ю. Г. Фомин // Технология текстильной промышленности. – №3 (381). – 2019. – С. 133-135.
6. Шардарбек, М. Ш. Устройства для перегрузки сырья / М. Ш. Шардарбек, Р. Т. Кауымбаев, Н. П. Чернявская, Г. Б. Демеуова, Ж. С. Рахманова, В. М. Шаламанова // Технология текстильной промышленности. – № 2 (386) 2020. – С. 146-149.
7. Крылов, А. В. Анализ затрат мощности в системе привода валковых модулей машин / А. В. Крылов, И. Ю. Шахова, А. А. Тувин, Ю. Г. Фомин // Технология текстильной промышленности. – №4 (382). – 2019. – С. 128-130.



8. Подъячев, А. В. Свободные колебания валов валковых механизмов текстильных машин / А. В. Подъячев, С. В. Бойко // Технология текстильной промышленности. – 2018. – №3 (375). – С. 143-147.
9. Крылов, А. В. Фрикционное взаимодействие валов модулей в зоне контакта / А. В. Крылов, Т. П. Туцкая, Ю. Г. Фомин, Г. А. Хосровян // Технология текстильной промышленности. – 2017. – №5 (371). – С. 181-184.
10. Appiah-Brempong, M., Essandoh, H. M. K., Asiedu, N. Y. et al. An insight into artisanal leather making in Ghana. *J Leather Sci Eng* 2, 25 (2020). <https://doi.org/10.1186/s42825-020-00039-8>
11. Navarro, D., Wu, J., Lin, W. et al. Life cycle assessment and leather production. *J Leather Sci Eng* 2, 26 (2020). <https://doi.org/10.1186/s42825-020-00035-y>
12. Дорохов, Д. О. Управляемое градиентное упрочнение осесимметричных изделий комплексным локальным нагружением очага деформации. дисс. ... докт. техн. наук. Орел, 2018 г. 283 с.
13. Грибков, Э. П. Развитие научных основ и совершенствование оборудования и технологий деформирования длинномерных металлопорошковых изделий в оболочке. дисс. ... докт. техн. наук. Краматорск, 2016 г. 351 с.
14. Болобанова, Н. Л. Развитие методов моделирования профилировок и упругих деформаций валков листовых станков с целью совершенствования технологии прокатки широких полос. дисс. ... канд. техн. наук. Череповец, 2015 г. 120 с.
15. Аманов, Т. Ю. 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. – Пенза: – 2018. - № 9. – С. 9–14.
16. Бахадиров Г. А., Набиев А.М. Классификация и анализ опорных плит валковой машины // Машиностроение и техносфера XXI века // Сборник трудов XXIV международной научно-технической конференции в г. Севастополе 11-17 сентября 2017 г. – Донецк: ДонНТУ, 2017. -С. 32-35. – 368 с.
17. Головтеева, А. А. Лабораторный практикум по химии и технологии кожи и меха / А. А. Головтеева, Д. А. Куциди, Л. Б. Санкин // М.: Легкая и пищевая промышленность. 1982. – 309 с.
18. Тихомиров, В. А. Планирование и анализ эксперимента / В.А. Тихомиров // М.: Легкая индустрия. 1974. – 283 с.
19. C.F. Jeff Wu, Michael S. Hamada. Experiments: planning, analysis, and optimization. – 2nd ed. 2009. 715 p.

Поступила в редколлегию 02.02.2022 г.