Uzbek Journal “Problems of Mechanics”

научная статья

DOI: 10.68846/pmjournal-2026-37-00015

Экспериментальное исследование процесса отжима мокрых кож с комбинацией рабочих валов

Баходир Игамбердиев[1*]

[1] Институт механики и сейсмостойкости сооружений имени М.Т. Уразбаева Академии наук Республики Узбекистан, Ташкент, 100125, Узбекистан

[*] **Автор для корреспонденции:** marskukuruznik106@yandex.ru

Поступила: 15 июля 2026 | **Доработана:** 15 августа 2026 | **Принята:** 05 сентября 2026 | **Опубликована:** 30 сентября 2026

АННОТАЦИЯ

В статье экспериментально исследован и обоснован процесс обезвоживания мокрых кожевенных полуфабрикатов с применением отжимного вала с металлокерамической рабочей поверхностью. Процесс обезвоживания выполнен в комбинации технологических параметров при скорости подачи обрабатываемых кож между отжимными валами при 10; 16; 22 м/мин и давления валов при P=40; 60; 80 кН/м. Результаты экспериментального исследования позволили определить количества удаленной жидкости при различных параметрах давления валов и скорости подачи мокрых кож.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

валковый отжимной стенд, образцы мокрой кожи, избыточная жидкость, металлокерамический вал, давление валов, скорость подачи.

Experimental Study of the Wet Leather Wringing Process Using a Combination of Working Rollers

Bahodir Igamberdiev[1*]

[1] Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures named after M.T. Urazbaev, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, 100125, Uzbekistan

[*] **Corresponding author:** marskukuruznik106@yandex.ru

ABSTRACT

This article presents an experimental study and analysis of the dewatering process for wet leather semi-finished products using a wringing roller with a cermet working surface, as well as other roller combinations. For each combination, the dewatering process was carried out using specific operating parameters: feed speeds of 10, 16, and 22 m/min and roller pressures of 40, 60, and 80 kN/m. The thickness of the leather semi-finished product samples was 9 mm. The experimental results made it possible to determine the amount of liquid removed at various roller pressure settings and feed speeds.

KEYWORDS

Roller pressing stand, wet leather samples, excess liquid, metal-ceramic roller, roller pressure, feed rate.

1. Введение

В современной кожевенной промышленности одной из ключевых задач является повышение энергоэффективности производства и улучшение качества готовой продукции. Операция механического удаления влаги (отжима) влажного кожевенного полуфабриката (wet-blue или wet-white) перед последующим строганием и сушкой относится к критически важным подготовительным процессам. От эффективности отжима напрямую зависят энергозатраты на последующую тепловую сушку – одну из самых энергоемких стадий в производстве кож.

Традиционно применяемые в валковых отжимных машинах рабочие органы (нажимные валы с суконными или резиновыми покрытиями) имеют ряд технологических недостатков. К ним относятся быстрый износ, неравномерность распределения давления по ширине рабочего прохода, а также ограниченная способность к капиллярному отводу влаги под высоким давлением. В связи с этим актуальным направлением является внедрение инновационных материалов для рабочих органов оборудования.

Использование металлокерамических материалов (в частности, пористых спеченных металлов и композитов) для изготовления отжимных валов открывает новые технологические возможности. Металлокерамика сочетает в себе высокую механическую прочность, износостойкость и жесткость металлов с регулируемой пористостью и капиллярными свойствами, присущими пористым структурам. Применение таких валов позволяет оптимизировать гидродинамические процессы в зоне контакта, обеспечить более интенсивный отвод влаги за счет капиллярного эффекта и снизить остаточную влажность полуфабриката.

Направленное удаление избыточной влаги из мокрого кожевенного полуфабриката (после процессов дубления или строгания)

является одной из наиболее энергоемких и критически важных операций в производстве натуральных кож. Традиционные методы отжима с применением монолитных металлических, обрезиненных или суконных валов имеют ряд существенных недостатков: неравномерность влагоудаления по площади полуфабриката, высокий риск деформации и повреждения лицевой поверхности кожи, а также быструю изнашиваемость рабочих поверхностей. Внедрение инновационных металлокерамических материалов для изготовления рабочих валов открывает новые возможности для оптимизации гидродинамических и механических условий отжима за счет уникального сочетания пористости, высокой жесткости, износостойкости и капиллярных свойств металлокерамики.

Целью настоящего исследования является экспериментальное обоснование и технологическая разработка высокоэффективного процесса механического обезвоживания кожевенного полуфабриката в зазоре между валами из металлокерамики, обеспечивающего требуемую остаточную влажность при сохранении качественных характеристик дермы кожи.

Одним из факторов, влияющих на процесс отжима влаги из кожи, является его подача. Подача осуществляется ленточным транспортером, при этом существенный недостаток в конструкциях отжимных машин заключается в стекании отжимаемой жидкости на рабочее место обслуживающего персонала. В связи с этим нами предложены устройств и проведены исследования, результаты которых позволяют устранить этот недостаток [13].

В статье [1] проведены опыты, где волокнистый слой, охватывающий первичную каверну, наблюдался при вторжении жидкости большей плотности в менее плотную среду, и жидкости меньшей плотности в более тяжелую. Толщина волокнистой оболочки первичной каверны увеличивается с ростом скорости капли.

В статье [2] поток жидкости аппроксимируется методом конечных элементов. Авторами исследованы два частных случая, трещины с бесконечной, а также конечной проводимостью.

В статье [3] разработан метод для моделирования разрушения речных дамб. Авторами рассматриваются два набора лагранжевых материальных точек для представления почвы и слоев поровой воды.

В статье [4] получен метод для моделирования течений невязкой жидкости с большой деформацией свободной поверхности. Для моделирования бурных течений со свободной поверхностью в настоящий метод вводится метод смещения частиц. Этот метод применяется для моделирования чрезвычайно большой деформации и повторного соединения свободной поверхности.

В статье [5] исследовано течение жидкости в промышленных насосах. Результаты работы показали, что с увеличением концентрации твердого вещества в насосе его корпус подвергается наибольшему износу.

В статье [6] разработано экспериментальное устройство для испытания двухфазного потока твердой и жидкой фаз в центробежном насосе. Результаты испытания показали, что устройство позволяет измерять потоки твердой и жидкой фаз с высокой надежностью в центробежном насосе.

В статье [7] исследован шламовый насос горно-обогатительной фабрики. Метод Эйлера был использован для анализа потока пульпы для различных концентраций частиц и малых объемных расходов.

В статье [8] описаны механизмы износа, связанные с различными типами материалов, влияющими на них. Приведены теоретические и эмпирические модели, для прогнозирования износа.

В статье [9] исследованы свойства кожи. Процесс дубления осуществлен натуральным дубильным веществом с различной продолжительностью процесса. Образцы кож обрабатывали традиционными методами в водной среде и отделывали. Результаты показали, что 2-часовое и 4-часовое дубление было недостаточным с точки зрения ожидаемых физических свойств, однако, 6-часовое и 8 -часовое дубление кожи было хорошего качества.

В статье [10] исследован процесс дубления кожи без хрома. Анализ воздействия на окружающую среду показал, что разработанный процесс приводит к значительному снижению общего содержания твердых веществ и улучшает биоразлагаемость органических соединений, присутствующих в сточных водах, по сравнению с хромовым дублением.

В статье [11] экспериментально исследовано течение на плоской пластине с использованием разных жидкостей. Результаты показали, что уменьшение поверхностного натяжения оказывает стабилизирующее действие на поток, демпфируя капиллярные волны, которые в противном случае должны были бы возникнуть. При большем наклоне толщина пленки жидкости уменьшается и увеличивается по мере увеличения расхода жидкости.

В статье [12] экспериментально исследованы характеристики регенерации жидкого осушителя на многорядных вертикальных цилиндрических поверхностях. Метод механической модификации поверхности был исследован для повышения уровня производительности поверхности цилиндра. Определено, что скорость регенерации поверхности обычного цилиндра превосходит скорость регенерации поверхности обычной пластины на 50,5%. Авторами предложена эмпирическая корреляция для оценки эффективности регенераторов с падающей пленкой.

В статье авторов [13] экспериментально исследован технологический процесс отжима с вертикальной подачей между валами капиллярно-пористого материала, уложенного вперегиб на металлокерамической опорной плите. Определены технологические параметры процесса.

В работах [14, 15] рассмотрены подготовительные этапы процесса и оборудование для производства кожи и меха.

Анализ рассмотренных выше исследований показал, что в постановке задач этих исследований не рассматривается течение жидкости против движения плоскости. В данной работе рассматривается задача отжима избыточной жидкости под собственным весом между металлокерамическим отжимным валом, расположенного под отжимным валом с влагоотводящим покрытием.

2. Методы

Для выполнения поставленных задач исследования и проведения эксперимента в механическом цеху ИМСС АН РУзизготовлен валковый стенд (Рисунок 1).

Для получения экспериментальных научно-исследовательских данных о рабочем органе валковой отжимной машины проектируется и собирается стенд. Тип конструкции экспериментальной валковой отжимной машины имеет некоторое сходство с некоторыми существующими машинами в мире, в частности с чешской машиной «Свит», но имеются отличия – валковая пара, транспортер, привод.

Экспериментальный стенд (Рисунок 1) состоит из следующих узлов и деталей:

1, 6 – рамы крепления направляющих стержней, 2 – металлокерамический вал на опорах, закрепленные на стержнях, 3 – стальной

вал с маншоновой покрышкой, закреплен на опорах, которые могут перемещаться вдоль стержней, 4 – пружины, зафиксированные гайками с шайбами сверху, а снизу упираются в подвижные опоры вала, 5 – стержни с резьбой по всей оси, закреплённые рамами снизу и сверху, 7 – транспортер подачи кожевенного полуфабриката к рабочему органу (валковая пара) (на рисунке транспортер показан частично), 8 – ременная передача для передачи вращения на металлокерамический вал и транспортер, 9 – цепная передача, передающая противоположное вращение от металлокерамического вала к стальному валу с маншоном, 10 – электродвигатель, 11 – редуктор, 12 – кожевенный полуфабрикат, 13 – механизм натяжения цепи в передачи.

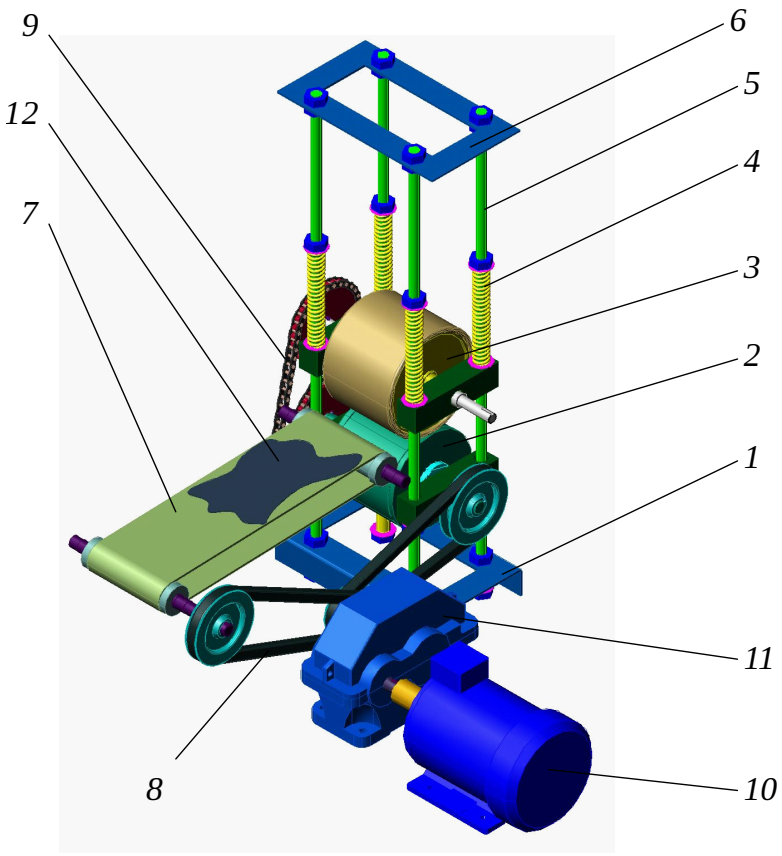


Рисунок 1. Модель экспериментального валкового стенда

Отжимная машина работает (Рисунок 2) следующим образом:

Кожевенный полуфабрикат 4 подается на транспортер 5. Транспортер приводится в движение от двигателя через редуктор и ременную передачу, и он перемещает кожевенный полуфабрикат к рабочему органу машины, а именно валковой паре. Валковая пара – два вала, верхний и нижний. Вал нижний 1 – с металлокерамической рабочей поверхностью. Приводится во вращательное движение также как и транспортер от двигателя через редуктор и ременную передачу. Поступательного движения не совершает. Верхний вал – стальной 2 с маншоновой покрышкой 3. Во вращательное движение приводится через цепную передачу от нижнего вала. Вращается верхний вал в противоположном направлении относительно нижнего. Цепная передача состоит из четырех звездочек, основные две соединены с валами, одна дополнительная для задания противоположного направления вращения, другая для натяжения цепи в составе соответствующего механизма. При прохождении кожевенного материала между валами верхний вал может совершать поступательное движение. Движение происходит вверх по вертикальной оси, проходящей через центры вращения валов. При прохождении кожевенного полуфабриката через валковую пару производится процесс отжима материала.

Четыре стержня соединены с верхней и нижней рамами при помощи гаек с шайбами. На стержнях закреплены и установлены валы на опорах – металлокерамический и стальной с маншоном. Опора нижнего вала зафиксирована гайками на стержнях, что не позволят ей двигаться по вертикальной оси беспрепятственно. Верхняя опора упирается в пружины на стержнях. Пружины сверху застопорены шайбами, которые ограничены прикрученными гайками на стержнях.

Все это позволяет валу с маншоном перемещаться вертикально на некоторое расстояние, что делает возможным проход обрабатываемого материала между валковой парой.

Из кожевенных полуфабрикатов вырезали резаком полосы поперек хребтовой линии размером 0.10×0.35 м2 и пронумеровывали; полосы образцов комплектовали в группы по 10 шт. Образцы кожевенного полуфабриката из бычины тяжелого развеса, толщиной 0.009 м.

В таблице 1 показаны результаты эксперимента при скорости пропуска 10 м/мин.

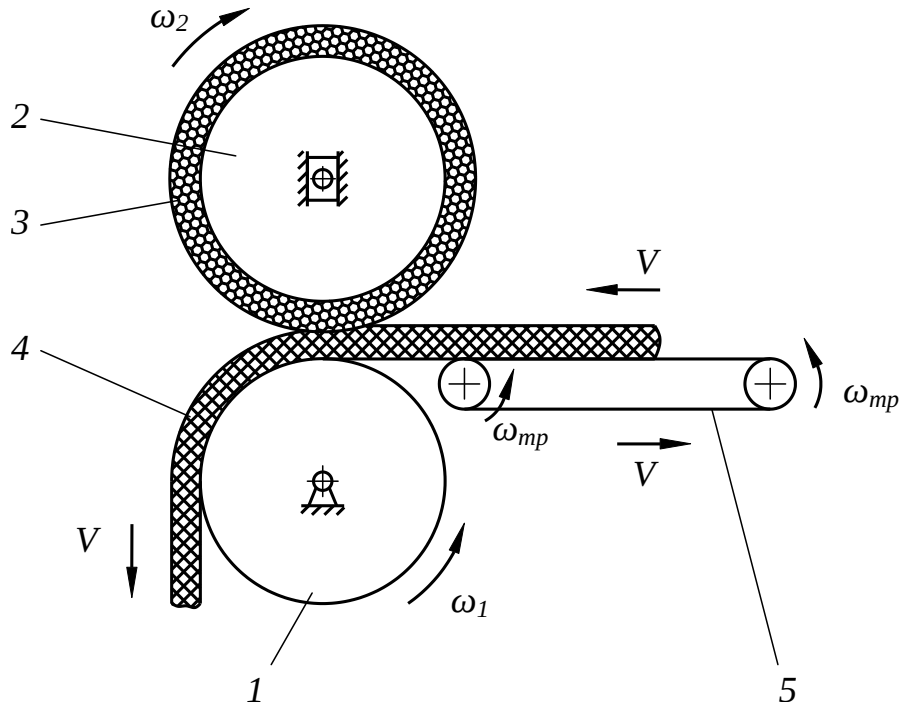


Рисунок 2. Схема работы валковой пары отжимной машины. 1 – металлокерамический вал; 2 – стальной вал; 3 – маншоновая покрышка; 4 – кожевенный полуфабрикат; 5 – транспортер

Таблица 1. Средние результаты отжима образцов мокрой кожи при скорости подачи V=10 м/мин

Ролики / Rollers		ΔW, **%**		
№	**Сочетание валов**	P = 40	P = 60	P = 80
1	М(200)+МК(140)	13.0	14.6	16.4
2	МК(140)+МК(140)	12.0	14.2	15.6
3	М(200)+М(200)	11.0	13.2	14.6
4	Рз(200)+МК(140)	9.8	12.5	13.8

Р – погонная нагрузка между отжимными валами

$$\begin{cases} a_0 + 40a_1 + 1600a_2 = 13.0 \\ a_0 + 60a_1 + 3600a_2 = 14.6 \\ a_0 + 80a_1 + 6400a_2 = 16.4 \end{cases} \quad (1)$$

Решая систему уравнений (1) получим следующее уравнение зависимости удаленной влаги из кожевенного полуфабриката от сочетания пар валов, давления прижима и скорости подачи 10 м/мин

$$\Delta W_1 = 10.4000 + 0.05500P + 0.0003P^2 \quad (2)$$

$$\begin{cases} a_0 + 40a_1 + 1600a_2 = 12.0 \\ a_0 + 60a_1 + 3600a_2 = 14.2 \\ a_0 + 80a_1 + 6400a_2 = 15.6 \end{cases} \quad (3)$$

Решая систему уравнений (3) получим следующее уравнение зависимости удаленной влаги из кожевенного полуфабриката от сочетания пар валов, давления прижима и скорости подачи 10 м/мин.

$$\Delta W_2 = 5.2000 + 0.21000P - 0.0010P^2 \quad (4)$$

$$\begin{cases} a_0 + 40a_1 + 1600a_2 = 11.0 \\ a_0 + 60a_1 + 3600a_2 = 13.2 \\ a_0 + 80a_1 + 6400a_2 = 14.6 \end{cases} \quad (5)$$

Решая систему уравнений (5) получим следующее уравнение зависимости удаленной влаги из кожевенного полуфабриката от сочетания пар валов, давления прижима и скорости подачи 10 м/мин.

$$\Delta W_3 = 4.2000 + 0.21000P - 0.0010P^2 \quad (6)$$

$$\begin{cases} a_0 + 40a_1 + 1600a_2 = 9.8 \\ a_0 + 60a_1 + 3600a_2 = 12.5 \\ a_0 + 80a_1 + 6400a_2 = 13.8 \end{cases} \quad (7)$$

Решая систему уравнений (7) получим следующее уравнение зависимости удаленной влаги из кожевенного полуфабриката от сочетания пар валов, давления прижима и скорости подачи 10 м/мин.

$$\Delta W_4 = 0.2000 + 0.31000P - 0.0018P^2 \quad (8)$$

В таблице 2 показаны результаты эксперимента при скорости пропуска 16 м/мин.

Таблица 2. Средние результаты отжима образцов мокрой кожи при скорости подачи V=16 м/мин

Ролики / Rollers		ΔW, **%**		
№	**Сочетание валов**	P = 40	P = 60	P = 80
1	М(200)+МК(140)	12.0	14.0	14.8
2	МК(140)+МК(140)	10.6	12.8	14.0
3	М(200)+М(200)	9.8	11.5	13.1
4	Рз(200)+МК(140)	9.0	10.0	12.0

P – погонная нагрузка между отжимными валами

$$\begin{cases} a_0 + 40a_1 + 1600a_2 = 12.0 \\ a_0 + 60a_1 + 3600a_2 = 14.0 \\ a_0 + 80a_1 + 6400a_2 = 14.8 \end{cases} \quad (9)$$

Решая систему уравнений (9) получим следующее уравнение зависимости удаленной влаги из кожевенного полуфабриката от сочетания пар валов, давления прижима и скорости подачи 16 м/мин.

$$\Delta W_5 = 4.4000 + 0.25000P - 0.0015P^2 \quad (10)$$

$$\begin{cases} a_0 + 40a_1 + 1600a_2 = 10.6 \\ a_0 + 60a_1 + 3600a_2 = 12.8 \\ a_0 + 80a_1 + 6400a_2 = 14.0 \end{cases} \quad (11)$$

Решая систему уравнений (11) получим следующее уравнение зависимости удаленной влаги из кожевенного полуфабриката от сочетания пар валов, давления прижима и скорости подачи 16 м/мин.

$$\Delta W_6 = 2.8000 + 0.23500P - 0.0015P^2 \quad (12)$$

$$\begin{cases} a_0 + 40a_1 + 1600a_2 = 9.8 \\ a_0 + 60a_1 + 3600a_2 = 11.5 \\ a_0 + 80a_1 + 6400a_2 = 13.1 \end{cases} \quad (13)$$

Решая систему уравнений (13) получим следующее уравнение зависимости удаленной влаги из кожевенного полуфабриката от сочетания пар валов, давления прижима и скорости подачи 16 м/мин. получим уравнение

$$\Delta W_7 = 3.1000 + 0.22250P - 0.0014P^2 \quad (14)$$

$$\begin{cases} a_0 + 40a_1 + 1600a_2 = 9.0 \\ a_0 + 60a_1 + 3600a_2 = 10.0 \\ a_0 + 80a_1 + 6400a_2 = 12.0 \end{cases} \quad (15)$$

Решая систему уравнений (15) получим следующее уравнение зависимости удаленной влаги из кожевенного полуфабриката от сочетания пар валов, давления прижима и скорости подачи 16 м/мин.

$$\Delta W_8 = 10.0000 - 0.07500P + 0.0013P^2 \quad (16)$$

На таблице 3 показаны результаты эксперимента при скорости пропуска 22 м/мин.

Таблица 3. Средние результаты отжима образцов мокрой кожи при скорости подачи V=22 м/мин

Ролики / Rollers		ΔW, **%**		
№	**Сочетание валов**	P = 40	P = 60	P = 80
1	М(200)+МК(140)	11.0	12.0	13.5
2	МК(140)+МК(140)	10.0	11.1	11.5
3	М(200)+М(200)	9.1	10.6	11.0
4	Рз(200)+МК(140)	8.0	9.3	10.0

P – погонная нагрузка между отжимными валами

$$\begin{cases} a_0 + 40a_1 + 1600a_2 = 11.0 \\ a_0 + 60a_1 + 3600a_2 = 12.0 \\ a_0 + 80a_1 + 6400a_2 = 13.5 \end{cases} \quad (17)$$

Решая систему уравнений (17) получим следующее уравнение зависимости удаленной влаги из кожевенного полуфабриката от сочетания пар валов, давления прижима и скорости подачи 22 м/мин.

$$\Delta W_9 = 10.5000 - 0.01250P + 0.0006P^2 \quad (18)$$

$$\begin{cases} a_0 + 40a_1 + 1600a_2 = 10.0 \\ a_0 + 60a_1 + 3600a_2 = 11.1 \\ a_0 + 80a_1 + 6400a_2 = 11.5 \end{cases} \quad (19)$$

Решая систему уравнений (19) получим следующее уравнение зависимости удаленной влаги из кожевенного полуфабриката от сочетания пар валов, давления прижима и скорости подачи 22 м/мин.

$$\Delta W_{10} = 9.9000 - 0.03250P + 0.0009P^2 \quad (20)$$

$$\begin{cases} a_0 + 40a_1 + 1600a_2 = 9.1 \\ a_0 + 60a_1 + 3600a_2 = 10.6 \\ a_0 + 80a_1 + 6400a_2 = 11.0 \end{cases} \quad (21)$$

Решая систему уравнений (21) получим следующее уравнение зависимости удаленной влаги из кожевенного полуфабриката от сочетания пар валов, давления прижима и скорости подачи 22 м/мин.

$$\Delta W_{11} = 2.8000 + 0.21250P - 0.0014P^2 \quad (22)$$

$$\begin{cases} a_0 + 40a_1 + 1600a_2 = 8.0 \\ a_0 + 60a_1 + 3600a_2 = 9.3 \\ a_0 + 80a_1 + 6400a_2 = 10.0 \end{cases} \quad (23)$$

Решая систему уравнений (23) получим следующее уравнение зависимости удаленной влаги из кожевенного полуфабриката от сочетания пар валов, давления прижима и скорости подачи 22 м/мин.

$$\Delta W_{12} = 3.6000 + 0.14000P - 0.0008P^2 \quad (24)$$

На рисунке 3 показан график удаленной влаги из кожевенного полуфабриката при скорости пропуска 10 м/мин.

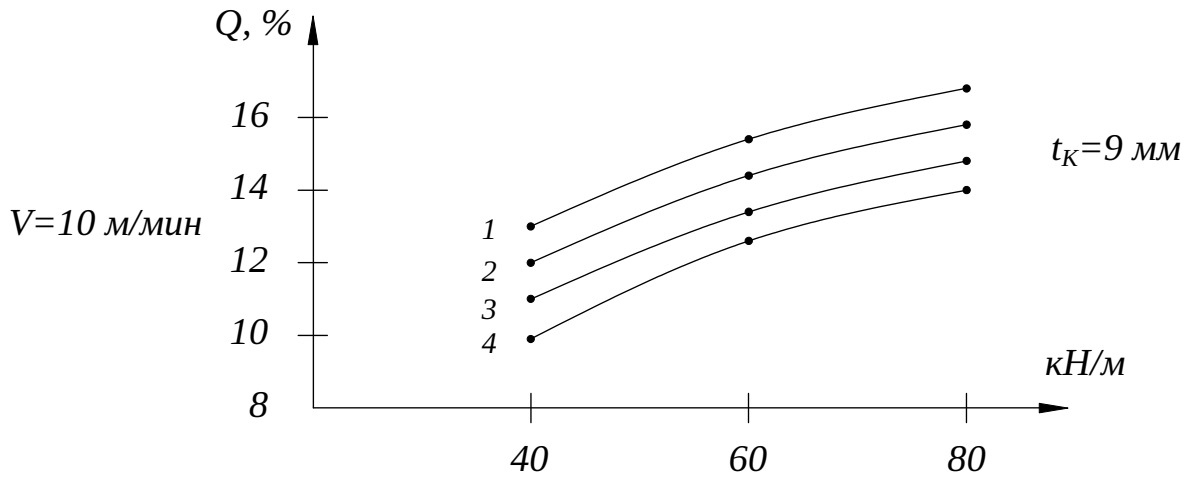


Рисунок 3. График удаленной влаги из кожевенного полуфабриката от сочетания пар отжимных валов, давления прижима P=40;60;80 кН/м и скорости пропуска V=10 м/мин

На рисунке 4 показаны график удаленной влаги из кожевенного полуфабриката при скорости пропуска 16 м/мин.

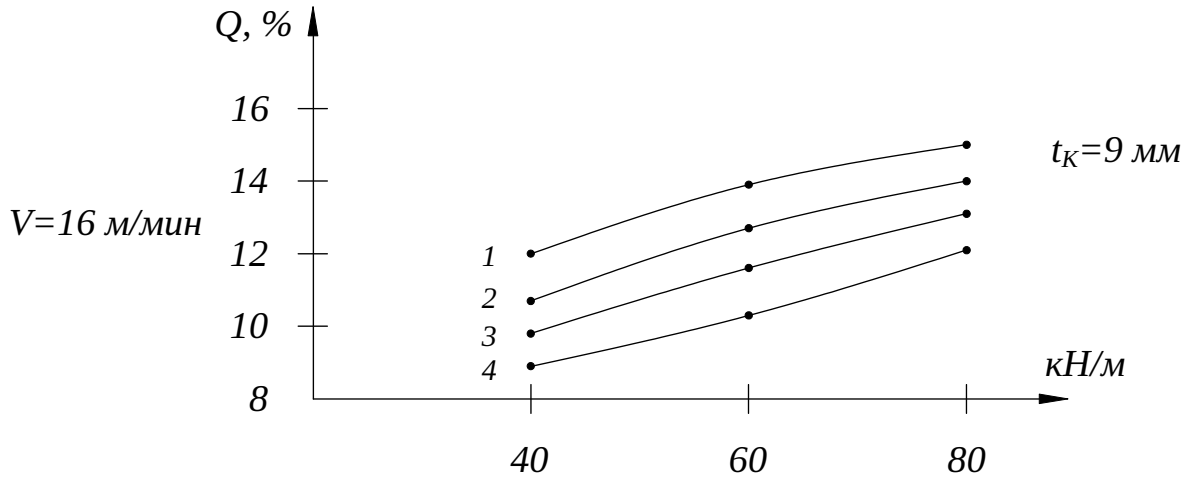


Рисунок 4. График удаленой влаги из кожевенного полуфабриката от сочетания пар отжимных валов, давления прижима P=40; 60; 80 кН/м и скорости пропуска V=16 м/мин

На рисунке 5 показаны график удаленной влаги из кожевенного полуфабриката при скорости пропуска 22 м/мин.

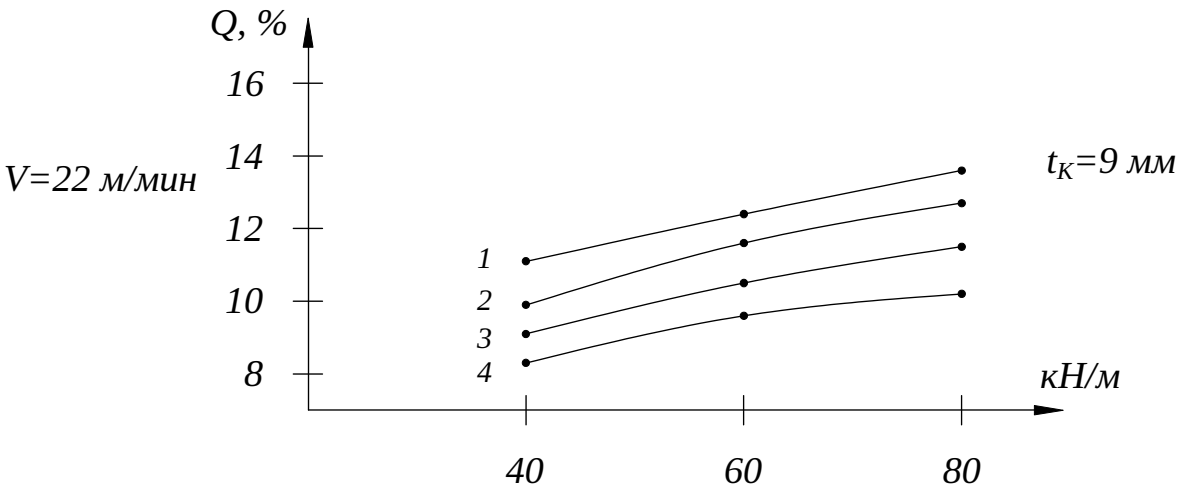


Рисунок 5. График удаленной влаги из кожевенного полуфабриката от сочетания пар отжимных валов, давления прижима P=40; 60; 80 кН/м и скорости пропуска V=22 м/мин

3. Результаты и выводы

Таким образом, итоги опыта по отжиму жидкости из мокрой кожи толщиной 0,009 м выявили эффективность процесса обезвоживания от сочетания материалов покрытий (и без них) верхнего и нижнего рабочих валов:

1. Наибольшее количество удаленной жидкости из мокрой кожи наблюдается при сочетании рабочих органов М(200)+МК(140), затем идет МК(140)+МК(140), далее М(200)+М(200) и, наконец, Рз(200)+МК(140).

2. По результатам обработки эксперимента выведены математические модели зависимости отжатой жидкости ΔW из мокрой кожи толщиной 0.009 м от типа верхнего и нижнего рабочих органов, давления прижима P отжимных валов, при различных скоростях пропуска V, которые представлены в формулах (2), (4), (6), (8), (10), (12), (14), (16), (18), (20), (22), (24).

3. Результаты эксперимента необходимы разработчикам в кожевенной промышленности при проектировании усовершенствованных рабочих отжимных валов, повышающих производительность удаления влаги из мокрой кожи.

Декларации / Declarations

Вклад авторов: Единственный автор Б.И. указан в рукописи. Подготовка экспериментального стенда, проведение опытов, обработка полученных данных и подготовка рукописи предположительно относятся к его вкладу на основании содержания статьи; точное распределение ролей CRediT требует подтверждения автора.

Author Contributions: B.I. is listed as the sole author. Construction of the experimental test stand, experimental investigation, data analysis, and manuscript preparation are proposed contributions based on the content of the study; the exact CRediT roles require author confirmation.

Финансирование: Согласно рукописи, исследование выполнено за счёт бюджетных средств Академии наук Республики Узбекистан и Института механики и сейсмостойкости сооружений имени М.Т. Уразбаева в 2026 году. Номер проекта и роль финансирующих

организаций не указаны и требуют уточнения.

Funding: According to the submitted manuscript, the work was supported by the 2026 budget funds of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan and the Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures named after M.T. Urazbaev. The project identifier and role of the funders require confirmation.

Одобрение этического комитета: Не применимо: в работе описаны технический стенд и эксперименты с кожевенными полуфабрикатами; исследования с участием людей или живых животных не представлены.

Ethics Approval: Not applicable: the study describes a mechanical test stand and experiments on processed leather samples; no human or live-animal experiments are reported.

Информированное согласие и согласие на публикацию: Не применимо: в рукописи не представлены исследования с участием людей или персональные данные, позволяющие установить личность участника.

Informed Consent and Consent for Publication: Not applicable: the manuscript does not report human participants or identifiable personal information.

Доступность данных: Сводные экспериментальные результаты для трёх скоростей подачи и сочетаний рабочих валов приведены в таблицах 1–3 и на рисунках 3–5. Доступность первичных измерений и условий их предоставления в рукописи не указана и требует подтверждения автора.

Data Availability Statement: Summarized experimental results for the three feed speeds and roller combinations are reported in Tables 1–3 and Figures 3–5. Availability of the underlying raw measurements and access conditions was not specified and requires author confirmation.

Благодарности: Отдельные сведения о благодарностях в исходной рукописи не приведены. Автор должен подтвердить, требуется ли благодарность лицам или организациям, не указанным в разделе финансирования.

Acknowledgments: The submitted manuscript contains no separate acknowledgments. The author should confirm whether individuals or organizations not covered by the funding statement should be acknowledged.

Конфликт интересов: Сведения о наличии или отсутствии конфликта интересов в исходной рукописи не представлены. Автор должен подтвердить соответствующее заявление до публикации.

Conflicts of Interest: No conflict-of-interest statement was included in the submitted manuscript. The author must confirm whether any conflicts of interest exist before publication.

Сведения об использовании искусственного интеллекта: В исходной рукописи сведения об использовании инструментов искусственного интеллекта отсутствуют. Автору необходимо подтвердить факт использования или отсутствия такого использования до публикации.

Artificial Intelligence Disclosure: The submitted manuscript provides no information about the use of artificial-intelligence tools. The author must confirm whether any such tools were used before publication.

Обозначения и сокращения

V	скорость подачи кожевенного полуфабриката (м/мин) / feed rate (m/min)
P	погонная нагрузка / давление прижима валов (кН/м) / roller line load (kN/m)
ΔW	относительное количество удалённой влаги (%) / relative percentage of moisture removed
Q	количество удалённой влаги (%) в обозначениях рисунков 3–5 / moisture removed (%) in Figures 3–5
a_0, a_1, a_2	коэффициенты квадратичных моделей $\Delta W(P)$ / quadratic-model coefficients
МК	обозначение металлокерамического вала / metal-ceramic roller abbreviation; числовой индекс и конструкция требуют уточнения / numeric index and construction require verification
М, Рз	обозначения пар рабочих валов в таблицах 1–3; точная расшифровка не приведена и требует подтверждения автора / roller labels in Tables 1–3, exact meaning requires confirmation
ИМСС АН РУз	Институт механики и сейсмостойкости сооружений Академии наук Республики Узбекистан / Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures

Список литературы

[1] Ильиных А.Ю., Чашечкин Ю.Д. Перенос вещества падающей капли в толщу жидкости в начальной стадии процесса слияния // Изв. РАН. МЖГ. 2023. №1. С. 54-68. 10.31857/S056852812260031X.

[2] Yang Xia, Shiming Wei, Yinghao Deng, Yan Jin, A new enriched method for extended finite element modeling of fluid flow in fractured reservoirs, Computers and Geotechnics, Volume 148, 2022. https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2022.104806.

[3] Samila Bandara, Kenichi Soga, Coupling of soil deformation and pore fluid flow using material point method, Computers and Geotechnics, Volume 63, 2015, Pages 199-214. https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2014.09.009.

[4] Yihua Xiao, Ziqiang Tang, Xiangfu Hong, Shenshen Chen, Application of normalized SPH method to inviscid fluid flows with large deformation of free surface, Computers & Fluids, Volume 245, 2022. https://doi.org/10.1016/j.compfluid.2022.105554.

[5] Haoyu Wang, Zhen Tan, Shibo Kuang, Aibing Yu, Numerical modeling and analysis of particle-fluid flow and wall erosion in centrifugal slurry pumps under different solid concentrations, Powder Technology, Volume 410, 2022. https://doi.org/10.1016/j.powtec.2022.117861.

[6] Baocheng Shi, Jinjia Wei, Yan Zhang, A novel experimental facility for measuring internal flow of Solid-liquid two-phase flow in a centrifugal pump by PIV, International Journal of Multiphase Flow, Volume 89, 2017, Pages 266-276. https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2016.11.002.

[7] Guangjie Peng, Xin Huang, Ling Zhou, Guoxin Zhou, Hong Zhou, Solid-liquid two-phase flow and wear analysis in a large-scale centrifugal slurry pump, Engineering Failure Analysis, Volume 114, 2020. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.104602.

[8] Rahul Tarodiya, Avi Levy, Surface erosion due to particle-surface interactions - A review, Powder Technology, Volume 387, 2021, Pages 527-559. https://doi.org/10.1016/j.powtec.2021.04.055.

[9] Ersin Onem, Quality properties of leather produced in water and supercritical fluid (SCF) media, Journal of CO2 Utilization, Volume 23, 2018, Pages 75-79. https://doi.org/10.1016/j.jcou.2017.10.019.

[10] Krishnamoorthy G., Sadulla S., Sehgal P.K., Asit Baran Mandal. Green chemistry approaches to leather tanning process for making chrome-free leather by unnatural amino acids, Journal of Hazardous Materials, Volumes 215–216, 2012, Pages 173-182. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.02.046.

[11] Mohamad AL Sayegh, David Rouzineau, Michel Meyer, Emmanuel Cid, Pascal Alix, Christine Dalmazzone, John Roesler, Impact of physico-chemical properties on falling liquid films flow over flat and corrugated surfaces, International Journal of Multiphase Flow, Volume 155, 2022, 104170. https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2022.104170.

[12] Rehan Khan, Ritunesh Kumar, Zhenjun Ma, Experimental investigations on the performance characteristics of plastic surfaces for developing low flow falling film liquid desiccant regenerators, Solar Energy, Volume 236, 2022, Pages 356-368. https://doi.org/10.1016/j.solener.2022.03.012.

[13] Бахадиров Г.А., Цой Г.Н., Набиев А.М., Эргашев И.О. Экспериментальный отжим капиллярно-пористого материала на металлокерамической опорной плите. Central Asian Journal of Theoretical and Applied Science, 3(5), 2022. –С. 100–109. https://cajotas.casjournal.org/index.php/CAJOTAS/article/view/499.

[14] Атдыева А., Акыева Г.К. Кожевенное производство. этапы процесса подготовки // Ceteris Paribus. 2023. №4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kozhevennoe-proizvodstvo-etapy-protsessa-podgotovki.

[15] Шалбуев Д., Раднаева В., Советкин Н., Тумурова Т. Инновационные технологии переработки кожевенного и мехового сырья. Экология и промышленность России. 2020; 24(7):30-36. https://doi.org/10.18412/1816-0395-2020-7-30-36.

Отказ от ответственности / Примечание издателя

Утверждения, мнения и данные во всех публикациях принадлежат исключительно отдельным авторам и участникам и не обязательно отражают взгляды издателя, журнала или редакторов. Издатель, журнал и редакторы не несут ответственности за вред людям или ущерб имуществу, возникшие вследствие использования идей, методов, инструкций или продуктов, упомянутых в тексте. **Disclaimer of Liability/Publisher's Note**

The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and do not necessarily reflect the views of the Publisher, the Journal, or the editors. The Publisher, the Journal, and the editors disclaim responsibility for any injury to persons or damage to property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.