

УДК: 677.057

DOI: <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-4-0101-0111>

EDN: [LDYDZF](https://www.edn.net/LDYDZF)



Исследование влияния факторов на удельное давление при валковом отжиме кожи

Ш.Р. Хуррамов, К.К. Тургунов

Ташкентский архитектурно-строительный институт, Ташкент, Узбекистан

Аннотация. В работе выполнен анализ влияния факторов на удельное давление при валковом отжиме кожи. В результате экспериментальных исследований определены графики зависимостей и получена математическая модель. Выявлено, что параметр технологического удельного давления на кожу в зоне контакта возрастает с увеличением интенсивности нагрузки, скорости валка и ширины площадки контакта, а также с уменьшением радиуса валка. Найдена аналитическая зависимость остаточной влажности кожи от удельного давления. Установлено, что с ростом удельного давления остаточная влажность кожи уменьшается и асимптотически приближается к определенной величине.

Ключевые слова: кожа, валковый отжим, удельное давление, ширина площадки контакта.

Для цитирования: Хуррамов, Ш. Р., & Тургунов, К. К. (2022). Исследование влияния факторов на удельное давление при валковом отжиме кожи. Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies, 2(4), 0101–0111. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-4-0101-0111>

Study of the influence of factors on the specific pressure during roller squeezing of the leather

Sh.R. Khurramov, K.K. Turgunov

Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering, Tashkent, Republic of Uzbekistan

Abstract. The effect of factors on the specific pressure in the nip of the module rolls is studied in the article. As a result of experimental studies, the graphs of dependencies were determined and a mathematical model was obtained. It was revealed that the parameter of the technological

specific pressure on the hide in the contact zone increases with an increase in the intensity of the load, the speed of rolls, the width of the contact area, and a decrease in the radius of rolls. An analytical dependence of the residual moisture content of leather on the specific pressure was determined. It was established that with an increase in specific pressure, the residual moisture content of leather decreases and asymptotically approaches a certain value of the function.

Keywords: leather, roll pressing, specific pressure, contact area width.

For citation: Khurramov Sh.R., & Turgunov K.K. (2022). Study of the influence of factors on the specific pressure during roller squeezing of the leather. *Modern Innovations, Systems and Technologies*, 2(4), 0101–0111. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-4-0101-0111>

ВВЕДЕНИЕ

Механическая обработка натуральных кож характеризуется наличием большого количества процессов, выполняемых в валковых машинах. Среди них особую группу составляет валковый отжим кожевенного полуфабриката после дубления (кожи), который является важным для последующих операций двоения и строгания [1,2].

Параметр удельного давления является определяющим для достижения заданного технологического эффекта отжима кожи. Этот параметр характеризуется величиной линейного давления, отнесенной к ширине площадки контакта валков. Поэтому параметры валковых машин сказываются, прежде всего, на величинах ширины площадки контакта валков, а через него на удельном давлении и технологическом эффекте.

Ширина площадки контакта в зависимости параметров валковых машин может быть определена либо теоретически с помощью математического моделирования процесса валкового отжима, либо экспериментально в результате изучения влияния основных параметров валкового отжима кожи на неё.

Математическому моделированию процесса валкового отжима посвящены работы [3-10]. В них на основе моделирования формы кривых контакта валков и закономерности распределения контактных напряжений определены аналитические выражения, описывающие площадку контакта валков и удельное давление.

Работа [11] посвящена экспериментальному исследованию и описанию регрессионной модели ширины площадки контакта. Однако при проектировании отжимных машин для инженерных расчетов требуются более простые зависимости, чем регрессионные. Исходя из этого, в работе поставлена задача на основе результатов

работы [11] выполнить описание ширины площадки контакта и удельного давления с помощью эмпирической функции основных параметров валкового отжима кожи.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Ранее была экспериментально исследована ширина площадки контакта валкового отжима кожи в зависимости от интенсивности нагрузки Q , радиуса валка R и скорости валка V [11]. Однако, как свидетельствуют авторы работ [1, 12], остаточная влажность при валковом отжиме определяется не линейным давлением (интенсивностью нагрузки), а удельным давлением, которое определяется как отношение линейного давления к длине кривой контакта валка. Поэтому для определения остаточной влажности кожи нужна также зависимость длины контактной линии валка (ширины площадки контакта валка) от основных параметров валкового отжима кожи.

В связи с этим проведем исследование по изучению и разработке экспериментальной модели удельного давления.



Рисунок 1. Вид экспериментальной установки.

Конструкция экспериментальной установки (рисунок 1) позволяет осуществлять замену валка, а также изменять скорости валков и усилия их прижима. Предусмотрены комплекты валков с радиусами 0,050, 0,105 и 0,160 м (после намотки сукна радиусы их соответственно равнялись 0,058, 0,114 и 0,170 м), необходимые усилия прижима осуществлялись пружинно-винтовой системой, скорости валков регулировались реостатом, длина валков составляла 0,12 м.

Исследованию подвергались кожевенные полуфабрикаты крупного рогатого скота после хромового дубления (кожи). Для измерения ширины площадки контакта подготовлена тонкая и узкая лента, пропитанная цветным жидким агентом. Лента прикреплена к лицевой стороне образца кожи. При пропуске образца с лентой через жало валков, лента сжимается и упругое покрытие (сукно) верхнего валка поглощает отделяющихся от нее цветную жидкость. При отделении ленты от верхнего валка на сукне образуются цветной отпечаток (след), путем измерения которой определяется ширина площадки контакта.

Путем исследований области зоны контакта модулей [4, 11] и с учетом опыта эксплуатации валкового отжима кожи установлено, что основными факторами, влияющими на удельное давление, являются: интенсивность нагрузки Q ; радиус валка R ; скорость валка V .

Рабочая матрица составлена по матрице планов К. Кано для трехфакторного эксперимента. После реализации рабочей матрицы получены значения ширины площадки контакта L (таблица 1).

Таблица 1. Значения ширины площадки контакта L .

Рабочая матрица			Ширина площадки контакта, мм
Q	R	V	L_0
40	0,114	0,22	0,0502
65	0,170	0,34	0,0676
65	0,058	0,34	0,0326
15	0,058	0,34	0,0179
15	0,170	0,34	0,0431
65	0,170	0,10	0,0665
65	0,058	0,10	0,0321
15	0,058	0,10	0,0234
15	0,170	0,10	0,0574
65	0,114	0,34	0,0539
40	0,058	0,34	0,0295
15	0,114	0,34	0,0355
65	0,058	0,22	0,0307

15	0,058	0,22	0,0222
15	0,170	0,22	0,0549
65	0,170	0,22	0,0637
40	0,170	0,34	0,0600
65	0,114	0,10	0,0530
40	0,058	0,10	0,0314
15	0,114	0,10	0,0467
40	0,170	0,10	0,0639

Для аппроксимации будем использовать методику, изложенную в работе [12], согласно которой будем принимать степенную зависимость вида

$$L_0 = CQ_1^\alpha R_1^\beta V_1^\gamma, \quad (1)$$

где

$$Q_1 = \frac{Q}{Q_{sr}}, \quad R_1 = \frac{R}{R_{sr}}, \quad V_1 = \frac{V}{V_{sr}}, \quad (2)$$

здесь $Q_{sr} = 40 \text{ кН/м}$, $R_{sr} = 0,114 \text{ м}$, $V_{sr} = 0,22 \text{ м/с}$.

Логарифмирование (1) дает

$$\ln L_0 = \ln C + \alpha \ln Q_1 + \beta \ln R_1 + \gamma \ln V_1. \quad (3)$$

Обозначив $\ln L_0 = Y$, $\ln C = \eta$, $\ln Q_1 = X_1$, $\ln R_1 = X_2$ и $\ln V_1 = X_3$, приведем выражение (2) к линейному виду

$$Y = \alpha X_1 + \beta X_2 + \gamma X_3 + \eta. \quad (4)$$

Параметры α , β , γ и η находим методом наименьших квадратов, согласно которой, сумма квадратов отклонений ε_i экспериментальных точек от прямой должна

быть наименьшей: $F(\alpha, \beta, \gamma, \eta) = \sum_{i=1}^{21} \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^{21} (Y_i - (\alpha X_{1i} + \beta X_{2i} + \gamma X_{3i} + \eta))^2$ – минимум.

Таким образом, необходимо решить стандартную задачу – найти минимум функции четырех переменных. Тогда имеем

$$\frac{\partial F}{\partial \alpha} = \sum_{i=1}^{21} 2(Y_i - (\alpha X_{1i} + \beta X_{2i} + \gamma X_{3i} + \eta))(-X_{1i}) = 2 \sum_{i=1}^{21} (\alpha X_{1i}^2 + \beta X_{1i} X_{2i} + \gamma X_{1i} X_{3i} + \eta X_{1i} - X_{1i} Y_i) = 0.$$

Откуда имеем

$$\alpha \sum_{i=1}^{21} X_{1i}^2 + \beta \sum_{i=1}^{21} X_{1i} X_{2i} + \gamma \sum_{i=1}^{21} X_{1i} X_{3i} + \eta \sum_{i=1}^{21} X_{1i} = \sum_{i=1}^{21} X_{1i} Y_i.$$

Определив аналогично, $\frac{\partial F}{\partial \beta}$, $\frac{\partial F}{\partial \gamma}$ и $\frac{\partial F}{\partial \eta}$, получаем систему уравнений

$$\begin{cases} \alpha \sum_{i=1}^{21} X_{1i}^2 + \beta \sum_{i=1}^{21} X_{1i} X_{2i} + \gamma \sum_{i=1}^{21} X_{1i} X_{3i} + \eta \sum_{i=1}^{21} X_{1i} = \sum_{i=1}^{21} X_{1i} Y_i, \\ \alpha \sum_{i=1}^{21} X_{1i} X_{2i} + \beta \sum_{i=1}^{21} X_{2i}^2 + \gamma \sum_{i=1}^{21} X_{2i} X_{3i} + \eta \sum_{i=1}^{21} X_{2i} = \sum_{i=1}^{21} X_{2i} Y_i, \\ \alpha \sum_{i=1}^{21} X_{1i} X_{3i} + \beta \sum_{i=1}^{21} X_{2i} X_{3i} + \gamma \sum_{i=1}^{21} X_{3i}^2 + \eta \sum_{i=1}^{21} X_{3i} = \sum_{i=1}^{21} X_{3i} Y_i, \\ \alpha \sum_{i=1}^{21} X_{1i} + \beta \sum_{i=1}^{21} X_{2i} + \gamma \sum_{i=1}^{21} X_{3i} + 21\eta = \sum_{i=1}^{21} Y_i. \end{cases} \quad (5)$$

После подстановки всех сумм, имеем

$$\begin{cases} 9,582\alpha + 0,410\beta + 0,526\gamma - 3,963\eta = 14,549, \\ 0,410\alpha + 4,925\beta + 0,293\gamma - 2,207\eta = 10,489, \\ 0,526\alpha + 0,293\beta + 6,507\gamma - 2,832\eta = 8,446, \\ -3,963\alpha - 2,207\beta - 2,832\gamma + 21\eta = -66,794. \end{cases} \quad (6)$$

Система (6) имеет решение: $\alpha = 0,221$, $\beta = 0,740$, $\gamma = -0,09$, $\eta = -3,074$. Отсюда, имеем $C = e^\eta = e^{-3,074} = 0,046$.

В процессы экспериментального исследования получили $L_{occ} = 0,0457$. Это суммарная ширина площадки контакта. С учетом этого из выражения (1) можно получить следующие зависимости

$$L_1 = Q_1^{0,221} R_1^{0,74} V_1^{-0,09} \quad (7)$$

или с учетом выражений (2)

$$L = 0,089Q^{0,221} R^{0,74} V^{-0,09}. \quad (8)$$

Оценим теперь точность аппроксимации опытных данных полученной формулой [13]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}{n-2}} = \sqrt{\frac{0,037}{19}} = 0,044, \quad \nu = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0,044}{\sqrt{21}} = 0,01.$$

Как видно, точность аппроксимации опытных данных формулой (7) более чем удовлетворительна.

Известно [12], что

$$P = \frac{Q}{L}, \quad (9)$$

где P – удельное давление.

Тогда с учетом выражения (8), получим

$$P = 11,23Q^{0,779} R^{-0,74} V^{0,09}, \quad (10)$$

$$P = 56603.32L^{3.52}R^{-3.35}V^{0.41}. \quad (11)$$

На рисунках 2-5 приведены графические интерпретации формулы (10) и (11).

В работе [2] были определены аналитические зависимости, описывающие остаточную влажность кожи от факторов двухвалкового модуля:

$$W = 92,58Q^{-0,077}D^{0,046}V^{0,074}. \quad (12)$$

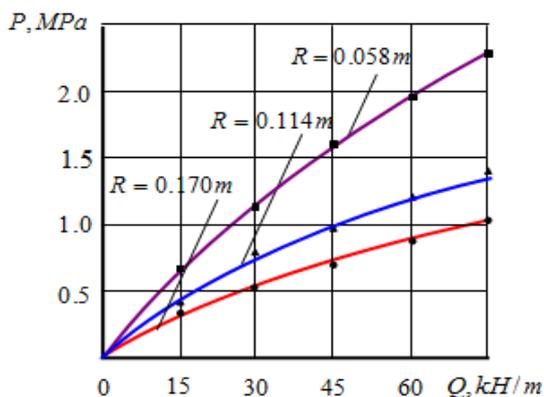


Рисунок 2. Зависимость удельного давления от линейного давления.

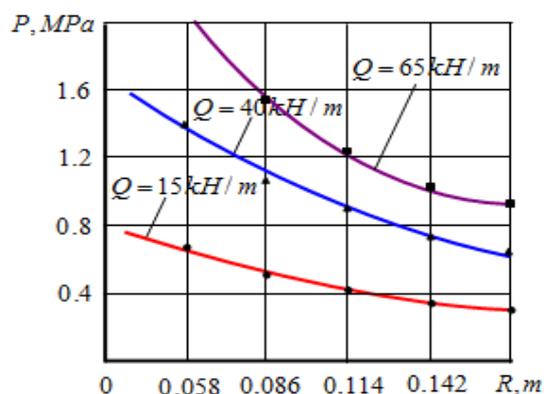


Рисунок 3. Зависимость удельного давления от радиуса валка.

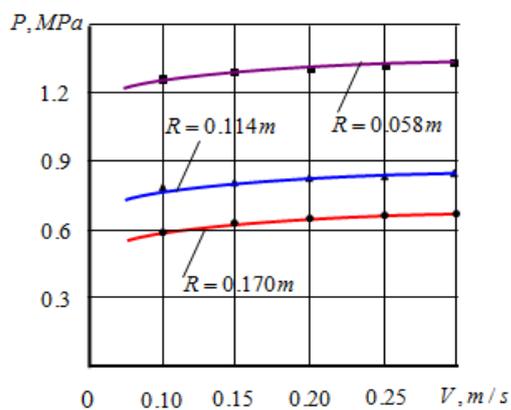


Рисунок 4. Зависимость удельного давления от скорости валков.

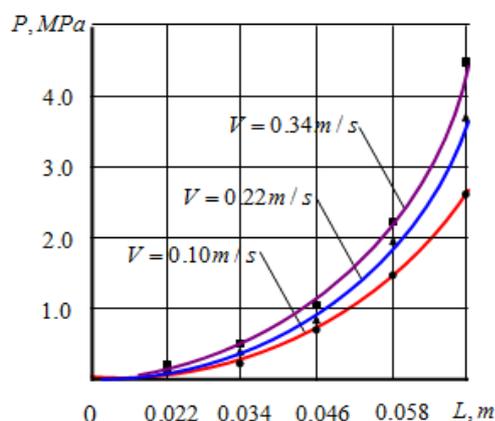


Рисунок 5. Зависимость удельного Давления от ширины площадки контакта.

Из равенства (12) при значениях $D = 0,22$ м и $v = 0,19$ м/с, имеем

$$W = 119,05P^{-0,1}. \quad (13)$$

Из рисунка 6 следует, что с ростом удельного давления остаточная влажность кожи уменьшается и асимптотически приближается к определенной величине (например, при значениях $R = 0,22$ м $v = 0,18$ м/с к величине $W = 57\%$).

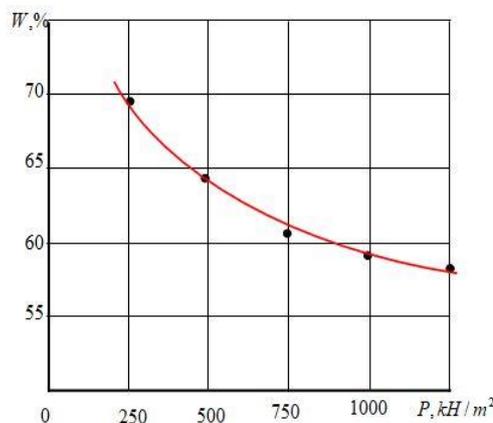


Рисунок 6. Зависимость остаточной влажности кожи от удельного давления.

РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Получена эмпирическая зависимость, описывающая удельное давление как степенную функцию интенсивности нагрузки, диаметра и скорости вала.
2. Найдена аналитическая зависимость остаточной влажности кожи от удельного давления.

ВЫВОДЫ

Экспериментальным исследованием установлено, что

- с увеличением интенсивности нагрузки ширина площадки контакта увеличивается и приближается к некоторой величине;
- при больших значениях интенсивности нагрузки и диаметров валков, зависимость ширины площадки контакта от скорости валков характеризуется линейной функцией;
- при меньших интенсивностях нагрузки с увеличением скорости валков ширина площадки контакта уменьшается, а при больших, наоборот, увеличивается;
- с увеличением интенсивности нагрузки, скорости вала и ширины площадки контакта удельное давление увеличивается;

- увеличение радиуса валка приводит к уменьшению удельного давления;
- остаточная влажность кожи уменьшается и асимптотически приближается к определенной величине.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Бурмистров А.Г. Машины и аппараты производства кожи и меха. М.: Колос; 2006. 384.
- [2] Khurramov Sh. R., Khalturaev F.S., Buriev E.S. Residual moisture content in semi-finished leather under roller pressing. AIP Conference Proceedings. 2021; 2402: 030038.
- [3] Khurramov Sh.R., Bahadirov G.A. To the solution problems of contact interaction in a two-roll module. Journal of Physics: Conference Series. 2021; 1889: 042029.
- [4] McDonald D., Kerekes R.J., Zhao J., Perspectives on deriving mathematical models in pulp and paper science. BioResources. 2020; 15: 7319-7329.
- [5] Кузнецов В.А., Петров Н.А., Кортювенко В.М. Физическая модель процесса отжима ткани. Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 1984; 3: 102-105.
- [6] Khurramov Sh.R. On the issues modeling the roll contact curves. Journal of Physics: Conference Series. 2021; 1889: 042036.
- [7] Паршуков В.Е., Маринин А.Н., Константинова Е.Р., Петрова И.В., Фомин Ю.Г. Влияние технологических факторов на степень отжима влаги из ткани. Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. 2011; 4(333): 124-127.
- [8] Bezanovic D., Duin C. J., Kaasschieter E.F. Analysis of wet pressing of paper: The three-phase model, Part II: Compressible air case. Transport in Porous Media. 2007; 67: 171-187.
- [9] Iliev O., Printsypar G., Rief S. On mathematical modeling and simulation of the pressing section of a paper machine including dynamic capillary effects: One-dimensional model. Transport in Porous Media. 2012; 92: 41-59.
- [10] McDonald D, Kerekes R.J. Estimating limits of wet pressing on paper machines. Tappi Journal. 2017; 16(2): 81-87.
- [11] Kurbanova F, Turgunov, Abduxalikova D. Influence of the parameters of the roll module on the width of the contact area. AIP Conf. Proceedings. 2021; 2402: 030041.
- [12] Новиков Н.Е. Прессование бумажного полотна. М.: Лесная промышленность; 1972. 242.
- [13] Лавров В.В., Спириин Н.А. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГПУ-УПИ; 2004. 257.

REFERENCES

- [1] Burmistrov A.G. Mashiny i apparaty proizvodstva kozhi i mekha. M.: Kolos; 2006. 384.
- [2] Khurramov Sh. R., Khalturaev F.S., Buriev E.S. Residual moisture content in semi-finished leather under roller pressing. AIP Conference Proceedings. 2021; 2402: 030038.
- [3] Khurramov Sh.R., Bahadirov G.A. To the solution problems of contact interaction in a two-roll module. Journal of Physics: Conference Series. 2021; 1889: 042029.
- [4] McDonald D., Kerekes R.J., Zhao J., Perspectives on deriving mathematical models in pulp and paper science. BioResources. 2020; 15: 7319-7329.
- [5] Kuznecov V.A., Petrov N.A., Kortovenko V.M. Fizicheskaya model' processa otzhima tkani. Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 1984; 3: 102-105.
- [6] Khurramov Sh.R. On the issues modeling the roll contact curves. Journal of Physics: Conference Series. 2021; 1889: 042036.
- [7] Parshukov V.E., Marinin A.N., Konstantinova E.R., Petrova I.V., Fomin YU.G. Vliyanie tekhnologicheskikh faktorov na stepen' otzhima vlagi iz tkani. Izvestiya VUZov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. 2011; 4(333): 124-127.
- [8] Bezanovic D., Duin C. J., Kaasschieter E.F. Analysis of wet pressing of paper: The three-phase model, Part II: Compressible air case. Transport in Porous Media. 2007; 67: 171-187.
- [9] Iliev O., Printsypar G., Rief S. On mathematical modeling and simulation of the pressing section of a paper machine including dynamic capillary effects: One-dimensional model. Transport in Porous Media. 2012; 92: 41-59.
- [10] McDonald D, Kerekes R.J. Estimating limits of wet pressing on paper machines. Tappi Journal. 2017; 16(2): 81-87.
- [11] Kurbanova F, Turgunov, Abduxalikova D. Influence of the parameters of the roll module on the width of the contact area. AIP Conf. Proceedings. 2021; 2402: 030041.
- [12] Novikov N.E. Pressovanie bumazhnogo polotna. M.: Lesnaya promyshlennost'; 1972. 242.
- [13] Lavrov V.V., Spirin N.A. Metody planirovaniya i obrabotki rezul'tatov inzhenerного eksperimenta. Ekaterinburg: GOU VPO UGPU-UIPI; 2004. 257.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Хуррамов Шавкат Рахматуллаевич,
доктор технических наук, профессор,
Ташкентский архитектурно-строительный
институт, Ташкент, Республика Узбекистан
e-mail: shavkat-xurramov59@mail.ru

Shavkat Khurramov, Doctor of Technical
Sciences, Professor, Tashkent Institute of
Architecture and Civil Engineering, Tashkent,
Republic of Uzbekistan
e-mail: shavkat-xurramov59@mail.ru

Тургунов Комил Курбаналиевич, старший
преподаватель, Ташкентский архитектурно-
строительный институт, Ташкент,
Республика Узбекистан
e-mail: komilturgunov@mail.ru

Komil Turgunov, Senior Lecturer, Tashkent
Institute of Architecture and Civil Engineering,
Tashkent, Republic of Uzbekistan
e-mail: komilturgunov@mail.ru

*Статья поступила в редакцию 07.10.2022; одобрена после рецензирования 22.10.2022; принята
к публикации 28.10.2022.*

*The article was submitted 07.10.2022; approved after reviewing 22.10.2022; accepted for publication
28.10.2022.*