

Научный журнал «Костюмология» / Journal of Clothing Science <https://kostumologiya.ru>

2023, Том 8, № 4 / 2023, Vol. 8, Iss. 4 <https://kostumologiya.ru/issue-4-2023.html>

URL статьи: <https://kostumologiya.ru/PDF/02TLKL423.pdf>

2.6.16. Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности (технические науки)

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Машкина, В. А. Расчёт спектров механического воздействия рабочих органов технологического оборудования на кожевенно-меховое сырье и полуфабрикаты в процессе выделки / В. А. Машкина, М. Н. Машкин // Костюмология. — 2023. — Т. 8. — № 4. — URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/02TLKL423.pdf>

**For citation:**

Mashkina V.A., Mashkin M.N. Calculation of the spectra of the mechanical impact of the working parts of technological equipment on leather and fur raw materials and semi-finished products during the dressing process. *Journal of Clothing Science*. 2023; 8(4): 02TLKL423. Available at: <https://kostumologiya.ru/PDF/02TLKL423.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.)

УДК 544.463; 675.02; 621.9.048.6; 543.42

**Машкина Валентина Александровна**

Москва, Россия

Независимый исследователь

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: [vmashkina@yandex.ru](mailto:vmashkina@yandex.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6792-8960>

РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=725306](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=725306)

**Машкин Михаил Николаевич**

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Москва, Россия

Доцент

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: [mnmashkin@yandex.ru](mailto:mnmashkin@yandex.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6734-4292>

РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=112638](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=112638)

## Расчёт спектров механического воздействия рабочих органов технологического оборудования на кожевенно-меховое сырье и полуфабрикаты в процессе выделки

**Аннотация.** Выполнен расчёт спектров механического воздействия рабочих элементов на основе выбранных конструктивных элементов технологического оборудования на обрабатываемое кожевенно-меховое сырьё и полуфабрикат. В процессе жидкостной обработки при транспортировании шкуры между подающими валками, плитами и отжимными валками она подвергается в зонах обработки различной деформации: сжатия, изгиба, колебания и ударного воздействия с заданной частотой. Указанное позволяет определить значения технологических параметров обработки на основе результатов спектрального анализа. Конструктивные элементы технологического оборудования выбраны с учётом энергетического воздействия на структурные элементы кожаной ткани и собственно шкуры в указанном частотном диапазоне. Спектр механического воздействия определяется, как скоростью перемещения объекта обработки, так и формой рабочих элементов оборудования, воздействующих на объект обработки. Процесс сжатия с учётом полной релаксации после выхода из валков участков шкуры, можно рассматривать как воздействие одиночной волны. При вибровоздействии плит, содержащих шарики, их огибающие частотного воздействия на шкуру могут быть представлены также в виде наложения одиночных волн, форма которых

определяется геометрическими размерами плиты и выступающей на плите части шариков, движущихся по поверхности шкуры с заданной скоростью. При частотном воздействии плит за счёт конечной толщины шкуры в зазоре между ними глубина деформации может быть представлена периодической функцией на заданном периоде. Представление в виде интеграла и разложение в ряд Фурье полученных зависимостей позволяет получить их спектры. Анализ полученных частотных спектров показывает, что в процессе обработки сырья и полуфабриката последние подвергаются воздействию рабочих элементов технологического оборудования в частотном диапазоне: за счёт деформации, вызванной частотной огибающей плиты, — от 0 до  $8 \times 10^{-2}$  Гц; за счёт деформации, вызванной усилием сжатия валков, — от 0 до 0,5 Гц; за счёт деформации, вызванной частотной изгибающей шаров, — от 0 до 1,2 Гц. Кроме того, сырьё и полуфабрикат испытывают непосредственное вибровоздействие за счёт возвратно-поступательного движения плиты. Выбор конструкции рабочих элементов технологического оборудования обеспечивает интенсивное частотное воздействие на сырьё и полуфабрикат в диапазоне от  $10^{-3}$  до  $10^2$  Гц при виброжидкостной обработке кожевенно-мехового сырья и полуфабриката.

**Ключевые слова:** коллаген; кожаная ткань; виброжидкостная обработка; вибровоздействие; спектр вибровоздействия; диапазон; деформация

## Введение

Анализ данных по интенсификации технологических процессов выделки кожи и меха при механическом воздействии на кожевенно-меховое сырьё и полуфабрикат показывает, что в дерме шкуры проходят различные физико-химические процессы. Одним из основных процессов механической активации является диспергирование фибрилл как основных структурных элементов. Диспергирование волокнистых материалов достаточно подробно исследовано в работах<sup>1</sup> [1]. В процессе диспергирования коллагена дермы шкуры происходит изменение структуры на молекулярном и надмолекулярном уровнях. Процессы механодеструкции коллагена сопровождаются образованием свободных макрорадикалов, взаимная рекомбинация которых, очевидно, приводит к образованию новых структурных связей. Кроме того, механическая активация системы «шкура-обрабатывающий раствор» приводит к диспергированию обрабатывающих реагентов, например, таннидов, с образованием свободных радикалов<sup>2</sup>, что также оказывает существенное влияние на интенсификацию жидкостной обработки.

Наряду со случайными движениями полимерных цепей [2], интенсивные механические воздействия на полимеры приводят к взаимному перемещению отдельных элементов структуры. При этом характер их подвижности определяется ограничениями межмолекулярных и внутримолекулярных взаимодействий [1]. В тех случаях, когда механическая активация перемещения структурных элементов недостаточна для разрыва молекулярных связей, поглощение энергии структурами материалов (в том числе и коллагеном дермы шкуры, готовых кожи и меха) зависит от объёмных и линейных размеров структурных элементов при деформации их. При этом реологические и акустические спектры дермы шкуры

<sup>1</sup> Комиссаров С.А. Физико-химические исследования процесса механического диспергирования полимеров, применяемых в лёгкой промышленности. Дис. докт. техн. наук. — М., 1975. — 297 с.

<sup>2</sup> Горячева Л.В. Исследование в области интенсификации технологических процессов кожевенного производства. Дисс. канд. техн. наук. — М., 1982. — 164 с.

претерпевают значительные изменения в зависимости от обработки на операциях выделки<sup>3</sup> [3]. Функциональная зависимость количества релаксаторов, соответствующих определённым частотам, имеет экстремальный характер.<sup>4</sup>

Существенное влияние на интенсификацию процесса выделки кожи и меха оказывает механическая активация жидкостных процессов за счёт капиллярных эффектов межструктурных пространств дермы шкуры. Изменением частоты акустических колебаний можно менять направление и скорость движения жидкости в капиллярах, т. е. направление и скорость массопереноса, начиная с частот порядка десятков герц. Это эффект возможен и при более низких частотах при достаточной мощности акустических излучателей [4]. Известно явление изменения направления массопереноса коллоидных частиц размером 1–2 мкм в зависимости от частоты вибратора, активирующего раствор достаточно большого объёма. Механические колебания на низких частотах способны вызвать в силу гидродинамических эффектов направленное движение коллоидных частиц. В исследовании [5] определено, что при частотах 20–25 Гц коллоидные частицы движутся к вибратору, от 20–25 до 100 Гц — движение частиц носит конвекционный характер, свыше 100 Гц — движутся от вибратора. Рассматривая обводнённую шкуру и рабочий раствор как коллоидную систему, очевидно можно, меняя частоту механических воздействий, осуществлять направленный массоперенос обрабатываемых реагентов и продуктов расщепления вещества дермы, как вне, так и внутри шкуры на жидкостных операциях при выделке кожи и меха. Однако, определение частотного диапазона механических воздействий, вызывающих то или иное направление массопереноса, по всей видимости, зависит от характеристик обрабатываемого материала и от параметров оборудования для жидкостной обработки.

Анализ методов обработки кожевенного и мехового сырья, как партионной так и поштучной показывает интенсифицирующее влияние низкочастотного механического воздействия на обрабатываемое сырьё и раствор. Степень воздействия определяется уровнем подводимой механической энергии [3; 6; 7], в результате воздействия которой происходят механохимические процессы превращения коллагена, разрыхление и разупорядочение структуры, образование свободных радикалов и изменение конформации молекул [3], что ускоряет процессы жидкостной обработки кожевенного и мехового сырья и полуфабриката. Указанное требует обоснования выбора конструкции рабочих элементов, обеспечивающих воздействие в определённом частотном диапазоне.

Исследования виброжидкостной обработки<sup>2</sup> [8], показали, что необходимая длительность виброжидкостной обработки на различных операциях выделки составляет от 2–3 до 20 мин. Обработка в процессе непрерывного транспортирования движения с учётом указанного интервала времени приводит к различному количеству единиц оборудования и, следовательно, к различной длине автоматизированных линий жидкостной обработки кожевенного и мехового сырья. Указанные условия создают предпосылки для разработки оборудования, используемого на различных операциях, обладающего приблизительно одинаковыми габаритами. С учётом изложенного предлагаются конструкции, использующие линейный и плоскостной контакт обрабатываемого органа с сырьём и полуфабрикатом, при выполнении рабочих элементов в виде валков и плит соответственно; а также содержащие элементы непрерывного и бесконечного транспортного движения обрабатываемого материала.

<sup>3</sup> Жихарев А.П. Разработка методов исследования материалов для одежды и обуви в широком интервале температур. Дис. канд. техн. наук. — М., 1980. — 214 с.

<sup>4</sup> Петрук Ю.Б. Исследование структурно-механических свойств кожи. Дисс. канд. техн. наук. — М., 1983. — 191 с.

Для операций виброжидкостной обработки длительностью не более 2–3 мин предпочтительным вариантом является линейное взаимодействие рабочих органов с обрабатываемым сырьём, которое может быть реализовано в виде валков, погружённых в ванну с рабочим раствором.<sup>5</sup> Для этого варианта характерно совпадение транспортного и технологического движений — транспортная скорость непрерывна и равна технологической. Производительность оборудования определяется длительностью выпускающего цикла, равного отношению транспортной скорости к пошаговому расстоянию между обрабатываемыми шкурами. Повышение производительности ограничивается допустимыми значениями технологической скорости. При длительности обработки свыше 10–20 мин, очевидно, целесообразно применение оборудования, реализующего бесконечную роторную подачу сырья в процессе выделки. В основу конструкции оборудования может быть положен линейный контакт рабочего органа с обрабатываемым материалом, т. е. использование валковой подачи.<sup>5</sup> К наиболее универсальным видам оборудования можно отнести аппараты комбинированного воздействия, реализующих плоскостное, линейное и точечное взаимодействие рабочих органов в условиях принудительной подачи обрабатываемого раствора в зону обработки, обеспечивающих эффективную обработку при длительности виброжидкостной операции от 2 до 20 мин.

Исследования возможного влияния механических колебаний в области инфразвуковых и звуковых частот на кожевенное сырьё и полуфабрикат позволяют сделать вывод, что активизацию процессов выделки кожи и меха при виброжидкостной обработке для интенсификации воздействия на макро- и надмолекулярном уровнях целесообразно проводить в частотном диапазоне от  $1,7 \times 10^{-3}$  до 90 Гц [9]. При этом наблюдают максимум релаксационного модуля упругости дермы шкуры при 0,5 и 22 Гц.<sup>4</sup> В этом случае применяют валковое оборудование, а также вибрационные машины, которые содержат, наряду с валками, вибраторы, частота вибрации которых может изменяться в достаточно широких пределах. В этом случае спектр механического воздействия определяется, как скоростью перемещения объекта обработки, так и формой рабочих элементов оборудования, воздействующих на объект обработки.

Разработка оборудования для поштучной обработки и интенсивной технологии проведения мокрых процессов кожевенно-мехового производства на базе применения машин, в частности вибрационных, совмещающих транспортные и технологические функции, требует расчёта спектров механического воздействия рабочих элементов технологического оборудования на обрабатываемое кожевенно-меховое сырьё и полуфабрикат.

## **Расчёт спектров механического воздействия рабочих элементов**

### ***Конструктивные элементы технологического оборудования***

Конструктивные элементы технологического оборудования выбраны с учётом энергетического взаимодействия на структурные элементы кожаной ткани и собственно шкуры в указанном частотном диапазоне.

Общая система механизма воздействия рабочих элементов на кожу и собственно шкуру приведена на рисунке 1. С учётом симметричности рабочих органов технологического оборудования показано воздействие их только на верхнюю половину шкуры толщиной  $b$  (рис. 1).

<sup>5</sup> Аппарат для непрерывной поштучной жидкостной обработки кожевенного сырья и полуфабриката // Советский патент 1989 года по МПК C14C15/00.

В процессе транспортирования шкуры со скоростью  $V_n$  между подающими валками 1, плитами 2 и отжимными валками 3, она подвергается в зонах I, II и III различной деформации (рис. 1). При прохождении в зоне I участок шкуры испытывает усилие сжатия, что приводит к деформации сжатия, аналогично деформации прокатки [10], причём деформацией шкуры в направлении подачи можно пренебречь.

### **Воздействие рабочих элементов**

Процесс сжатия с учётом полной релаксации после выхода из валков участков шкуры, можно рассматривать как воздействие одиночной волны, в результате которого каждая точка поверхности шкуры совершает колебания на глубину  $h_b$ , зависящую от прижимного усилия и упругих свойств шкуры. Форма одиночной волны определяется геометрическими размерами валов 1 и 3, а скорость её движения по шкуре в зоне I равна  $V_n$  (рис. 1). На основе изложенного, функциональная зависимость колебания точки поверхности шкуры будет иметь вид:

$$h_{Tb} = \begin{cases} h_b - r_b(1 - \cos x), & |x| \leq \alpha_b; \\ 0, & |x| > \alpha_b; \end{cases} \quad (1)$$

где  $x = V_n \cdot t / r_b$ ;  $t$  — время;  $\alpha_b = \arccos(1 - h_b / r_b)$ ;  $r_b$  — радиус валка подачи, а также валка отжима шкуры (рис. 1).

Отсюда можно получить:

$$h_{Tb} = \begin{cases} r_b(\cos x - \cos \alpha_b), & |x| \leq \alpha_b; \\ 0, & |x| > \alpha_b. \end{cases} \quad (2)$$

При вибровоздействии плит 2, содержащих шарики 4, их огибающие частотного воздействия на шкуру могут быть представлены также в виде наложения одиночных волн, движущихся по поверхности шкуры со скоростью  $V_n$ , форма которых определяется геометрическими размерами плиты (см. зона II) и выступающей на плите части шара (см. зона III рис. 1), а глубины колебания точки поверхности шкуры  $h_n$  и  $h_s$  соответственно. Колебания точки поверхности шкуры за счёт усреднённой огибающей вибровоздействия плиты будет выражаться зависимостью:

$$h_{Tn} = \begin{cases} h_n, & |x| \leq \alpha_n; \\ 0, & |x| > \alpha_n; \end{cases} \quad (3)$$

где  $\alpha_n = \omega \cdot \frac{L_n}{2V_n}$ ;  $L_n$  — ширина плиты;  $\omega$  — произвольно заданная угловая скорость (рис. 1).

Колебание точки поверхности шкуры за счёт усреднённой огибающей вибровоздействия шара будет выражаться зависимостью аналогичной (1):

$$h_{Ts} = \begin{cases} h_s - r_s(1 - \cos x), & |x| \leq \alpha_s; \\ 0, & |x| > \alpha_s; \end{cases} \quad (4)$$

$$h_{Ts} = \begin{cases} r_s(\cos x - \cos \alpha_s), & |x| \leq \alpha_s; \\ 0, & |x| > \alpha_s; \end{cases} \quad (5)$$

где  $r_s$  — радиус шара;  $\alpha_s = \arccos(1 - h_s / r_s)$ ;  $x = V_n t / r_s$  (рис. 1).

Кроме того, при частотном воздействии плит за счёт конечной толщины шкуры  $b$  в зазоре между ними глубина деформации может быть представлена периодической функцией с периодом  $2\pi$ .

$$h_V = \begin{cases} 0, & \alpha \leq |x| \leq \pi; \\ r(\cos x - \cos \alpha), & 0 < |x| < \alpha; \end{cases} \quad (6)$$

где  $x = \omega t$ ;  $\alpha$  — угол рабочего контакта плиты со шкурой;  $r$  — амплитуда колебания плиты;  $\omega$  — угловая частота колебаний.

В случае, если сопротивление давления плиты за счет сжатия шкуры будет соответствовать режиму перегрузки, функциональная зависимость деформации шкуры, т. е. колебания точки поверхности будет выражаться зависимостью с периодом  $2\pi$ :

$$h_{Vn} = \begin{cases} r(\cos \beta - \cos \alpha), & 0 \leq |x| \leq \beta; \\ r(\cos x - \cos \alpha), & \beta > |x| \leq \alpha; \\ 0, & \alpha < |x| \leq \pi; \end{cases} \quad (7)$$

где  $\beta$  — угол контакта со шкурой в состоянии перегрузки.

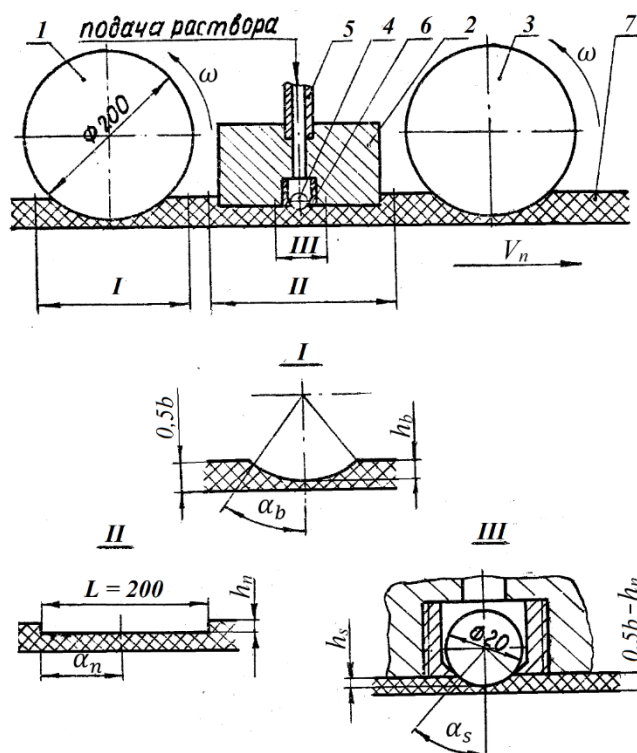
## Результаты и обсуждение

### Спектры механического воздействия на сырьё и полуфабрикат

Интеграл и ряд Фурье зависимостей (2, 3, 5–7) позволяют получить их спектры. Интеграл Фурье для функции (2) и (5) будет иметь вид:

$$h_{Tb(Ts)}(x) = \frac{2h}{\pi(1-\cos\alpha)} \int_0^\infty \left( \frac{\sin(s-1)\alpha}{2(s-1)} + \frac{\sin(s+1)\alpha}{2(s+1)} - \frac{\cos\alpha \sin\alpha s}{s} \right) \cos x \, sds, \quad (8)$$

где  $\alpha$  — угол захвата вала или шара ( $\alpha_b, \alpha_s$ );  $h$  — максимальная глубина деформации шкуры ( $h_b, h_s$ ) (рис. 1).



1 — подающий валок; 2 — плита; 3 — отжимной валок; 4 — шар; 5 — патрубок коллектора подачи раствора; 6 — патрон гидравлического вибровозбудителя; 7 — сырьё;  $\omega$  — угловая скорость валков; I, II, III — зоны обработки

Рисунок 1. Воздействие рабочих элементов оборудования на обрабатываемое сырьё

Функциональные зависимости, спектры воздействия валков и частотной огибающей шара при заданных параметрах режима работы и конструктивных элементов оборудования:  $2r_b = 200$  мм,  $2r_s = 20$  мм,  $\alpha_b = 10^\circ$ ,  $\alpha_s = 45^\circ$ ,  $V_n = 0,0083$  м/с (рис. 2–5). Очевидно, что значения амплитуд частотного воздействия шара равна нулю при значениях частоты, превышающей частоту собственных колебаний шара.

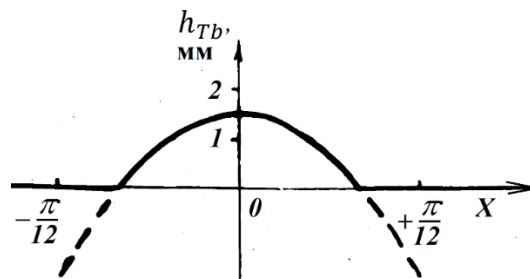


Рисунок 2. Деформация шкуры от валка при сжатии  $h_{Tb}$  — глубина деформации сжатия

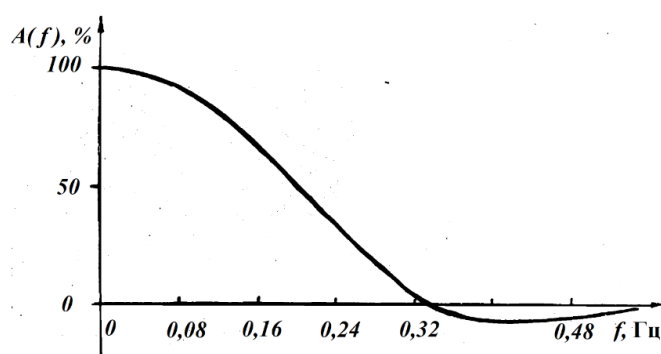


Рисунок 3. Спектр частотного воздействия валка на шкуру  $A(f)$  — амплитуда гармоники с частотой  $f$

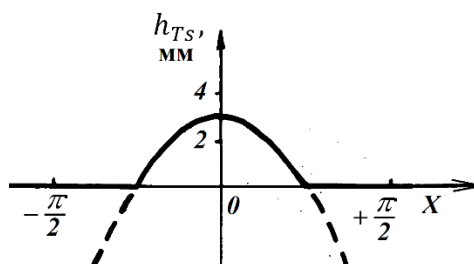


Рисунок 4. Деформация шкуры от огибающей воздействия шара  $h_{Ts}$  — глубина деформации сжатия

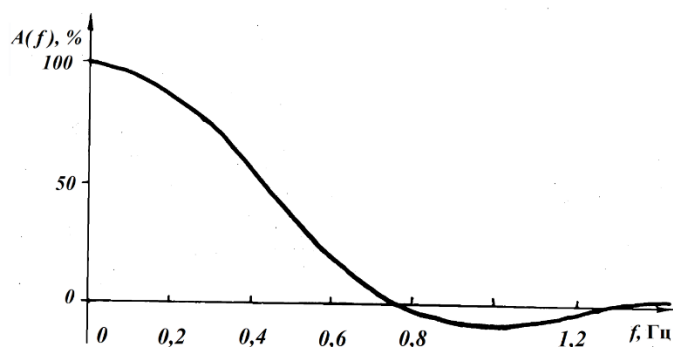
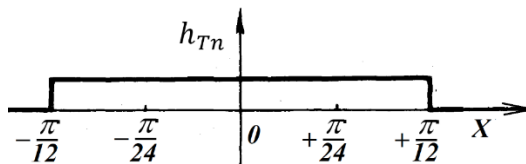


Рисунок 5. Спектр частотного воздействия шара на шкуру  $A(f)$  — амплитуда гармоники с частотой  $f$

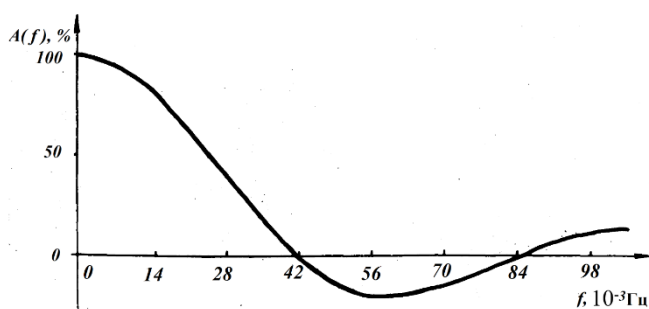
Интеграл Фурье для функции (3) имеет вид:

$$h_{Tn}(x) = 2h_n/\pi \int_0^\infty (\sin \alpha_n s) \cdot (\cos xs) / s ds. \quad (9)$$

Функциональная зависимость и частотный спектр частотной огибающей плиты при  $L_n = 200$  мм и  $Vn = 0,0083$  м/с приведены на рисунках 6 и 7.



**Рисунок 6.** Деформация шкуры от огибающей воздействия плиты  $h_{Tn}$  — глубина деформации сжатия



**Рисунок 7.** Частотный спектр от огибающей воздействия плиты на шкуру  $A(f)$  — амплитуда гармоники с частотой  $f$

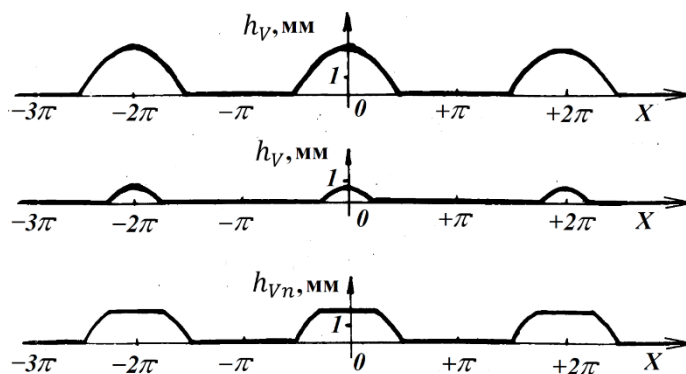
Спектры для функций (6) и (7) могут быть представлены совокупностью коэффициентов разложения этих функций в ряд Фурье:

$$\frac{d_0}{2} = r/\pi \cdot (\sin \alpha - \sin \beta - \alpha \cos \alpha + \beta \cos \beta); \quad (10)$$

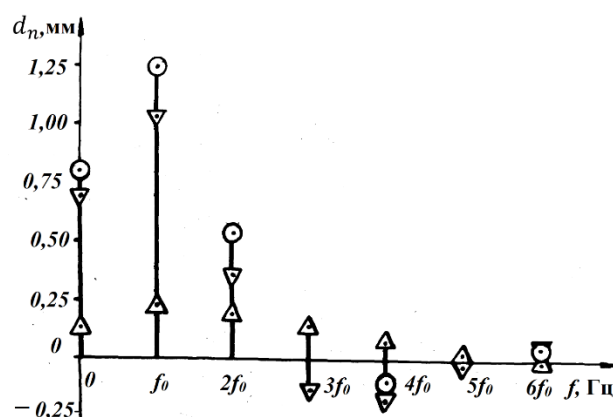
$$d_n = 2r/\pi \left[ \frac{\sin(n-1)\alpha - \sin(n-1)\beta}{2(n-1)} + \frac{\sin(n+1)\alpha - \sin(n+1)\beta}{2(n+1)} - \cos \alpha \left( \frac{\sin n\alpha}{n} \right) + \cos \beta \left( \frac{\sin n\beta}{n} \right) \right], \quad (11)$$

где  $n > 0$  — номер гармоники спектра.

Функциональные зависимости и частотные спектры вибровоздействия плиты на сырье и полуфабрикат при различных значениях  $\alpha$  и  $\beta$  приведены на рисунках 8 и 9.



**Рисунок 8.** Деформация шкуры от вибровоздействия плиты  $h_v, h_{vn}$  — глубина деформации сжатия



○ —  $\alpha = \pi/2, \beta = 0$ ;  $\Delta$  —  $\alpha = \pi/4, \beta = 0$ ;  $\nabla$  —  $\alpha = \pi/2, \beta = \pi/4$ ;  $f_0$  — частота вибровозбудителя;  $\alpha_n$  — амплитуда гармоники с частотой  $f_0$

**Рисунок 9.** Частотные спектры от вибровоздействия плиты

### Анализ полученных частотных спектров

Анализ полученных частотных спектров показывает, что в процессе обработки сырья и полуфабриката последние подвергаются воздействию рабочих элементов технологического оборудования в частотном диапазоне: за счёт деформации, вызванной частотной огибающей плиты, — от 0 до  $8 \times 10^{-2}$  Гц (рис. 7); за счёт деформации, вызванной усилием сжатия валков, — от 0 до 0,5 Гц (рис. 3); за счёт деформации, вызванной частотной изгибающей шаров, — от 0 до 1,2 Гц (рис. 5). Кроме того, сырье и полуфабрикат испытывают непосредственное вибровоздействие за счёт возвратно-поступательного движения плиты. При возможных частотах возвратно-поступательного движения плиты с частотой от 6 до  $25 \text{ с}^{-1}$  частотный спектр вибровоздействия на сырье и полуфабрикат определён существенными амплитудами гармоник в области от 0 до 100 Гц (рис. 9).

### Заключение

Выбор конструкции рабочих элементов технологического оборудования обеспечивает интенсивное частотное воздействие на сырье и полуфабрикат в диапазоне от  $10^{-3}$  до  $10^2$  Гц, что соответствует ранее полученной области [9]. Указанное частотное воздействие переводит структурные элементы дермы кожи за счёт резонанса в возбуждённое энергетическое состояние, что вызывает разделение структурных элементов, ускорение массопереноса и активацию химических процессов в кожной ткани и, собственно, в коже при выполнении виброжидкостной обработки кожевенного и мехового сырья и полуфабриката [11].

### ЛИТЕРАТУРА

1. Барамбойм Н.К. Механохимия высокомолекулярных соединений. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Химия, 1978. — 384 с.
2. Бурлацкий С.Ф., Овчинников А.А. Новый метод в статистике полимерной цепи с исключённым объёмом. — ДАН СССР, 1986, т. 286, с. 617–621.
3. Бурмистров А.Г., Соколовский А.Р. Применение реологических спектров для оценки изменений структуры кожной ткани при её обработке. — Изв. ВУЗов. Технология лёгкой промышленности, 1981, т. 29, № 1, вып. 169, с. 63–65.

4. Яценко А.В. Влияние акустических колебаний на проникновение жидкости в капиллярные каналы, — Коллоидный журнал, 1986, т. XVIII, № 2, с. 390–392.
5. Коган В.С., Нижник Ю.В., Супрун В.В., Ульберг З.Р., Чураев Н.В. Воздействие вибратора на взвешенные в воде частицы. — Коллоидный журнал, 1985, т. XVII, № 4, с. 841–842.
6. Симонеску К., Опра. Механохимия высокомолекулярных соединений. — М.: Мир, 1980. — 357 с.
7. Аввакумов Е.Г. Механические методы активации химических процессов. — Новосибирск: Наука, 1979. — 253 с.
8. Горячева Л.В., Комиссаров С.А. Интенсификация дубильных процессов производства кож для низа обуви. — Кожевенно-обувная промышленность, 1981, № 7, с. 52–54.
9. Машкина, В.А. Исследование подвижности молекулярных цепей коллагена образцов ахиллова сухожилия крупного рогатого скота и кожной ткани овчины / В.А. Машкина, М.Н. Машкин // Костюмология. — 2022. — Т. 7. — № 2.
10. Бурмистров А.Г., Зайцев В.В., Морозов А.И., Жуков В.В. Оборудование предприятий по производству кожи и меха. — М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1981. — 416 с.
11. Комиссаров С.А., Машкина В.А., Машкин М.Н., Комиссаров А.С., Комиссарова Е.С. Организация новой высокоэффективной виброжидкостной технологии выделки кожи // Кожевенно-обувная промышленность. 2000. № 3. С. 30.

**Mashkina Valentina Alexandrovna**

Moscow, Russia

E-mail: [vmashkina@yandex.ru](mailto:vmashkina@yandex.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6792-8960>

RSCI: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=725306](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=725306)

**Mashkin Mikhail Nikolaevich**

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow Russia

E-mail: [mnmashkin@yandex.ru](mailto:mnmashkin@yandex.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6734-4292>

RSCI: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=112638](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=112638)

## Calculation of the spectra of the mechanical impact of the working parts of technological equipment on leather and fur raw materials and semi-finished products during the dressing process

**Abstract.** The calculation of the spectra of the mechanical impact of the working bodies on the basis of selected structural elements of technological equipment on the processed leather and fur raw materials and semi-finished products was carried out. During liquid processing, when transporting the hide between feed rolls, plates and squeeze rolls, it is subjected to various deformations in the processing zones: compression, bending, vibration and impacts with a given frequency. This makes it possible to determine the values of technological processing parameters based on the results of spectral analysis. Structural elements of technological equipment are selected taking into account the energy impact on the structural elements of skin tissue and the skin itself in a given frequency range. The spectrum of mechanical impact is determined both by the speed of movement of the object being processed and by the shape of the working parts of the equipment acting on the object being processed. The compression process, taking into account complete relaxation after the skin sections leave the rolls, can be considered as the action of a single wave. When slabs containing balls are subjected to vibration, their envelopes of frequency action on the casing can also be represented as a superposition of single waves, the shape of which is determined by the geometric dimensions of the slab and part of the balls protruding on the slab, moving along the surface of the skin at a given speed. Under the frequency action of the plates, due to the finite thickness of the skin in the gap between them, the depth of deformation can be represented by a periodic function in a given period. Representation in the form of an integral and expansion into a Fourier series of the resulting dependencies allows us to obtain their spectra. Analysis of the obtained frequency spectra shows that when processing raw materials and semi-finished products, the latter are exposed to the working elements of technological equipment in the frequency range: due to deformation caused by the frequency envelope of the plate, — from 0 to  $8 \times 10^{-2}$  Hz; due to deformation caused by the compression force of the rolls, — from 0 to 0,5 Hz; due to the deformation caused by the bending frequency of the balls, — from 0 to 1,2 Hz. In addition, raw materials and semi-finished products experience direct vibration due to the reciprocating motion of the plate. The choice of design of the working parts of the technological equipment provides intense frequency impact on raw materials and semi-finished products in the range from  $10^{-3}$  to  $10^2$  Hz during vibration-liquid processing of leather and fur raw materials and semi-finished products.

**Keywords:** collagen; leather fabric; vibration-fluid treatment; vibration impact; spectrum of vibration impact; range; deformation