СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 625.768.1: 621.22: 62-25

DOI: https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-1-106-119

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗНОСА ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЩЁТКИ НА ЕЁ УПРУГУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ, НА ТРЕБУЕМОЕ УСИЛИЕ ПРИЖАТИЯ И НА ДАВЛЕНИЕ НА ВЫХОДЕ ГИДРОПНЕВМОАККУМУЛЯТОРА УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЕМ ЩЕТОЧНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА

С.И. Цехош*, Б.В. Журавский, П.И. ЦехошФГБОУ ВО «СибАДИ»,
г. Омск, Россия,
* tsehosh.lyubov@yandex.ru

КИДАТОННА

Введение. Статья посвящена актуальной проблеме повышения качества очистки дорожного покрытия и повышению ресурса щёточного рабочего оборудования. Повышение качества очистки и ресурса щёточного рабочего оборудования позволит уменьшить затраты на работу коммунальной машины. В процессе работы ворс цилиндрической щётки изнашивается, при этом изменяются его упругие характеристики, что отражается на требуемом усилии прижатия для поддержания наиболее выгодного значения ширины пятна контакта из условия обеспечения высокого качества очистки и минимальной интенсивности износа ворса.

Материалы и методы. Представлены результаты исследований взаимодействия ворса цилиндрической щётки с очищаемой поверхностью при различных степенях износа ворса щётки. Результаты исследований даны в аналитическом и графическом видах. Расчёты осуществлялись при помощи программного продукта Microsoft Excel и программной среды математических вычислений Mathkad.

Результаты. В работе приведена зависимость степени износа ворса щёточного рабочего оборудования от фактического радиуса цилиндрической щётки. Показана в виде графика зависимость ширины пятна контакта от деформации цилиндрической щётки при различных степенях износа. Рассмотрено влияние степени износа на упругую характеристику щёточного рабочего оборудования. Приведены зависимости среднего коэффициента жесткости от степени износа ворса цилиндрической щётки, а также требуемого усилия прижатия от степени износа при разных величинах ширины пятна контакта цилиндрической щётки. Получена зависимость давления в гидропневмоаккумуляторе устройства управления положением щеточного рабочего органа от фактической свободной длины прутка ворса цилиндрической щетки.

Обсуждение и заключение. Результаты выполненной работы позволят учитывать влияние степени износа ворса цилиндрической щётки на её упругие характеристики при имитационном моделировании работы коммунальной машины, оснащенной устройством управления положением щёточного рабочего органа.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: цилиндрическая щётка, ширина пятна контакта, износ ворса, сила прижатия, коэффициент жесткости.

Поступила 10.12.20, принята к публикации 26.02.21.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Цехош С.И. Исследование влияния износа цилиндрической щётки на её упругую характеристику, на требуемое усилие прижатия и на давление на выходе гидропневмоаккумулятора устройства управления положением щеточного рабочего органа / С.И. Цехош, Б.В. Журавский, П.И. Цехош. – DOI https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-1-106-119 // Вестник СибАДИ. – 2021. – Т. 18, № 1(77). – С. 106–119.

© Цехош С.И., Журавский Б.В., Цехош П.И., 2021



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

DOI: https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-1-106-119

STUDY OF CYLINDRICAL BRUSH WEAR EFFECT ON ITS ELASTIC CHARACTERISTICS, ON REQUIRED PRESSING FORCE AND ON PRESSURE AT THE OUTLET OF HYDRAULIC PNEUMATIC ACCUMULATOR FOR CONTROLLING POSITION OF CHIPPING WORKING BODY

Sofia I. Tsekhosh, Boris V. Zhuravsky, Pavel I. Tsekhosh*
Siberian Automobile and Highway University,
Omsk, Russia
* tsehosh.lyubov@yandex.ru

ABSTRACT

Introduction. The article is devoted to a current issue of improving the quality of road surface cleaning and increasing the resource of brush working equipment. Improving the quality of cleaning and the resource of the brush working equipment will reduce the cost of operating a communal machine. In the process of operation, the pile of the cylindrical brush is worns out, while its elastic characteristics change, which is reflected in the required pressing force to maintain the most favorable value of the width of the contact spot from the condition of ensuring high quality cleaning and minimal intensity of pile wear.

Materials and methods. The results of studies of the interaction of the pile of a cylindrical brush with the surface to be cleaned are presented at various degrees of wear of the brush pile. The research results are presented in analytical and graphical forms. The calculations were carried out using the Microsoft Excel software product and the Mathkad software environment for mathematical calculations.

Results. The paper shows the dependence of the degree of wear of the pile of the brush working equipment on the actual radius of the cylindrical brush. The relationship between the width of the contact spot and the deformation of the cylindrical brush at different degrees of wear and tear is shown as a graph. The influence of the degree of wear on the elastic characteristics of the brush working equipment is considered. The dependences of the average stiffness coefficient on the degree of wear of the pile of a cylindrical brush, as well as the required pressing force on the degree of wear at different values of the width of the contact patch of the cylindrical brush are given.

KEYWORDS: cylindrical brush, contact patch width, piles wear, pressing force, stiffness coefficient.

Submitted 10.12.20, revised 26.02.21.

The authors have read and approved the final manuscript.

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.

For citation: Tsekhosh S.I., Zhuravsky B.V., Tsekhosh P.I. Study of cylindrical brush wear effect on its elastic characteristics, on required pressing force and on pressure at the outlet of hydraulic pneumatic accumulator for controlling position of chipping working body. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal.* 2021; 18 (1):106-119. DOI: https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-1-106-119

© Tsekhosh S.I., Zhuravsky B.V., Tsekhosh P.I., 2021



Content is available under the license Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

Для очистки дорожного покрытия от загрязнений применяются коммунальные машины с щёточным рабочим оборудованием. При этом наибольшее распространение получило щёточное рабочее оборудование с цилиндрическими щётками, имеющими ворс из полимерного материала [1, 2, 3]. Цилиндрические щетки состоят из отдельных щеточных дисков, смонтированных на общем конструктивном элементе - барабане, посредством которого дискам сообщается вращательное движение. Одной из наиболее распространенных коммунальных машин в России в настоящее время является уборочная техника на базе тракторов МТЗ «Беларус» с щёточным рабочим оборудованием типа цилиндрической щётки, предназначенная для очистки проезжей части улиц, дорог, тротуаров и площадей от снега, песка, листьев и прочего мусора.

Основным достоинством таких коммунальных машин является многофункциональность, а также легкость монтажа-демонтажа сменного щёточного рабочего оборудования. Применяемое в настоящее время щёточное рабочее оборудование может иметь механический либо гидравлический привод вращения цилиндрической щётки, оснащаться бункером для сбора загрязнений, а также системой орошения для уменьшения пылеобразования. Для регулирования и поддержания необходимой величины ширины пятна контакта при работе

щёточного рабочего оборудования используются пневматические опорные катки (рисунок 1. *a*. б. в).

Основные технические характеристики наиболее распространенных моделей щёточного рабочего оборудования представлены в таблице 1. Из представленных данных следует, что в составе рассмотренных щёток применяются цилиндрические щётки с номинальным диаметром d_{..} = 0,55 м. Рекомендуемая толщина используемого ворса зависит от сезона эксплуатации и вида загрязнений. В зимний период рекомендуемая толщина ворса составляет 3,2·10⁻³ м, а в летний, для уборки песчинок песка, листьев – (1,5–3,0)·10⁻³ м, для уборки строительного мусора 4,0.10-3 м. Ширина рабочей зоны варьируется в диапазоне от 1,44 до 2,00 м, масса щёточного рабочего оборудования находится в диапазоне от 220 до 400 кг, рекомендуемая угловая скорость цилиндрической щётки – от 27 до 56 рад/с, рекомендуемая скорость движения коммунальных машин в режиме очистки - от 1,9 до 3,6 м/с.

В результате анализа конструкций существующих щёток было выявлено, что цилиндрическая щётка устанавливается под углом 15°; 25°; 30° или 60° относительно продольной оси коммунальной машины. Число дисков щёточного рабочего оборудования находится в диапазоне 43–47 дисков. В качестве материала для изготовления щёточных дисков используется морозостойкий полипропилен марки ВА 204 Е и его аналоги.







a - KOVACO Kerhmaschine 1.8m

б – цилиндрическая щётка МК-1

в – цилиндрическая щётка МКП (МК-7)

Рисунок 1 – Основные разновидности конструкций щёточного рабочего оборудования

Figure 1 – The main types of brush working equipment designs

Таблица 1 Основные технические характеристики разных моделей щёточного рабочего оборудования

Table 1

Main technical characteristics of different models of brushed implements

Модель щёточного рабочего оборудо- вания	Производитель	Масса щёточного рабочего оборудова- ния, кг	Угловая скорость цилин- дриче- ской щётки, рад/с	Ско- рость комму- наль- ной маши- ны, м/с	Номи- нальный диаметр цилин- дриче- ской щётки, м	Ширина рабочей зоны, м
УМДУ-80 ЛЮКС	ПМК-567	290	56	2,8	0,550 ± 0,02	1,80
MK-454	ООО «Сальсксельмаш»	330	27	3,6	0,550 ± 0,02	1,80
MK-2,0	ООО «Сальсксельмаш»	435	27	3,6	0,550 ± 0,02	1,80
ЩД-01	н/д	345	29	2,5	0,550	2,00
УМДУ 80/82	ПМК-67	500	56	2,8	0,550 ± 0,02	1,70
МКП (МК-7)	ООО «Сальсксельмаш»	345	27	3,6	0,550 ± 0,02	2,00
Буран-22	ООО «Территория»	350	56	2,8	0,550 ± 0,02	2,00
MK-1	ООО «Сальсксельмаш»	435	_	3,6	0,550 ± 0,02	1,80
МКЩ-1,5	ООО «Сальсксельмаш»	286	27	2,5	0,550 ± 0,02	1,44
ЩН-1.8	н/д	400	27	2,5	0,550	1,80
ЩФС-2.0	ООО «Механический за- вод»	480	56	2	0,550	2,00
Боб Кэт (Bobcat S175)	ООО «Бобкэт-Центр»	220	37	1,9–2	0,550	1,80
KOVACO Kerh- maschine 1.8 m	KOVACO	350	31	1,9–2,8	0,550	1,80

Как показывают исследования [4, 5, 6, 7, 8], для обеспечения максимальной эффективности очистки и уменьшения интенсивности износа ворса необходимо поддерживать оптимальное значение пятна контакта цилиндрической щётки с очищаемой поверхностью. В работе [9, 10] показано, что с увеличением ширины пятна контакта цилиндрической щётки с дорожным покрытием её эффективность плавно возрастает, однако при достижении определенного значения ширины пятна контакта интенсивность роста становится практически незаметной. При дальнейшем увеличении ширины пятна контакта происходит уменьшение эффективности удаления загрязнений, при этом щётка, действуя радиально на загрязнения, способствует не уборке, а упрочнению слоя загрязнений и его сцеплению с дорожным покрытием, при этом многократно возрастает интенсивность износа ворса [11, 12, 13, 14, 15].

Величину износа удобно оценить показателем – степень износа, который показывает, на сколько фактический радиус цилиндрической щётки отличается от номинального и предельно допустимого радиуса. Основными факторами, влияющими на интенсивность изменения степени износа ворса, являются геометрические характеристики ворсины: свободная длина, форма и размеры поперечного сечения, моменты инерции и свойства материала, из которого она изготовлена: жёсткость, коэффициенты трения о смёт и покрытие.

В работах А. Г. Лепеша, М. П. Куксова отмечается непосредственная связь между размерами ширины пятна контакта цилиндрической щётки с очищаемой поверхностью и силой прижатия к ней [16, 17, 18]. Доказано,

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

что для обеспечения требуемого размера ширины пятна контакта необходимо обеспечить требуемую силу прижатия ворса к очищаемой поверхности. Для цилиндрической щётки с ворсом из полимерного материала диаметром 0,55 м с целью обеспечения максимальной эффективности рабочего процесса при приемлемой интенсивности износа ворса ширина пятна контакта должна находиться в диапазоне Х, = 0,08-0,12 м [19]. Фактическая величина ширины пятна контакта определяется соотношением сил упругости ворса и силы прижатия цилиндрической щётки [20, 21]. Как правило, прижатие цилиндрической щётки обеспечивается за счет силы тяжести, действующей на щёточное рабочее оборудование. При этом на практике для прижатия цилиндрической щётки используется только часть силы тяжести, а другая часть воспринимается поддерживающим устройством - опорными катками, при этом гидроцилиндр не участвует в работе (плавающее положение). Данный способ не позволяет обеспечить необходимые размеры ширины пятна контакта при наличии неуправляемых перемещений щётки за счет возмущающих воздействий со стороны микрорельефа очищаемой поверхности [22, 23]. Следствием этого является уменьшение эффективности уборки от загрязнений дорожного полотна, при этом возрастает износ ворса цилиндрической щётки. Также следует отметь пониженную надежность конструкции щёточного рабочего оборудования с опорными катками, которые часто получают повреждение при очистке прибордюрного пространства, наезде на колодезный люк.

Для поддержания необходимого усилия прижатия может применяться устройство управления положением щеточного рабочего органа на основе дополнительно установленного гидропневматического аккумулятора. В работе [23] представлена схема и описание работы устройства управления с гидропневматическим аккумулятором. Гидропневмоаккумулятор при работе коммунальной машины предлагается подключать к штоковой полости гидроцилиндра. В данном устройстве управления гидроцилиндр за счет давления рабочей жидкости на выходе гидропневматического аккумулятора создает на щеточном рабочем органе усилие, приложенное в направлении, противоположном действию силы тяжести. Усилие прижатия цилиндрической щетки будет определяться как разность силы тяжести и вертикальной составляющей усилия, создаваемого гидроприводом и приложенного к щетке. Давление в гидропневматическом аккумуляторе равно давлению в штоковой полости штатного гидроцилиндра подъема-опускания щеточного рабочего оборудования, при котором обеспечивается требуемое значение силы прижатия цилиндрической щетки.

В процессе работы коммунальной машины при очистке дорожного покрытия происходит износ ворса цилиндрической щётки, при этом изменяются её геометрические параметры и жесткость, что непосредственно повлияет на значение усилия прижатия, требуемое для обеспечения необходимых геометрических характеристик ширины пятна контакта.

Целью данной статьи является обоснование необходимого изменения силы прижатия цилиндрической щётки и давления на выходе дополнительного гидропневмоаккумулятора при износе ее ворса для поддержания оптимального значения ширины пятна контакта при работе предлагаемого устройства управления в составе коммунальной машины.

Задачи исследования:

- 1. Установить зависимость степени износа ворса цилиндрической щётки от ее радиуса.
- 2. Показать зависимость деформации ворса щётки от ширины пятна контакта цилиндрической щётки при различных степенях износа ворса.
- 3. Рассмотреть влияние степени износа ворса на упругую характеристику цилиндрической щётки в радиальном направление.
- 4. Показать зависимость среднего коэффициента жесткости ворса щётки от степени износа ворса цилиндрической щётки.
- 6. Установить зависимость требуемого усилия прижатия цилиндрической щётки от степени износа ворса при разных величинах ширины пятна контакта.
- 7. Показать зависимость давления в гидропневмоаккумуляторе от фактической свободной длины прутка ворса цилиндрической щетки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В статье произведены расчеты при уборке загрязнений, характерных для летнего сезона эксплуатации коммунальной машины.

Требуемое усилие прижатия цилиндрической щётки к очищаемой поверхности может быть определено аналитически по формуле [24, 25]:

$$\begin{split} F_{\Pi p} &= 0.183 \cdot E \cdot J \cdot f^{-0.5} \cdot \frac{S^6}{Y_k^8} \cdot \\ &\cdot \frac{S^6}{Y_k^8} \cdot i_{\mathbf{l}\mathbf{l}} \cdot \arccos\left(\frac{Y_k + r_b}{r}\right), \end{split} \tag{1}$$

где F_{np} — требуемое значение силы прижатия, H; E — модуль упругости ворса (для синтетического ворса E = 7,1...8·10³ МПа;); J — момент инерции поперечного сечения прутка относительно оси, перпендикулярной плоскости вращения; f — коэффициент трения ворса о дорожное покрытие, f = 0,2-0,3; S — свободная длина прутка ворса, т.е. длина прутков ворса в недеформированном состоянии; $Y_{\rm k}$ — расстояние от поверхности барабана до очищаемой поверхности, M; $I_{\rm k}$ — общее количество прутков ворса в цилиндрической щётке; $I_{\rm b}$ — радиус барабана цилиндрической щётки; $I_{\rm c}$ — радиус траектории концов недеформированных ворсин цилиндрической щётки, $I_{\rm c}$

При износе ворса цилиндрической щётки будут изменяться: свободная длина прутка ворса — S, радиус траектории концов недеформированных ворсин щётки — r, расстояние от поверхности барабана до очищаемой поверхности — Y_{κ} . Под свободной длиной прутка ворса понимается длина недеформированного прутка ворса.

Также при неизменной ширине пятна контакта с износом будет изменяться величина деформации цилиндрической щётки – Y

Расчетная схема цилиндрической щётки показана на рисунке 2.

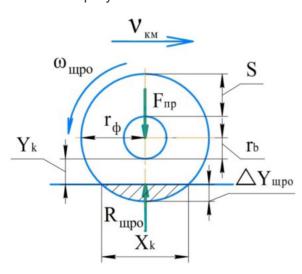


Рисунок 2 – Расчетная схема цилиндрической щётки

Figure 2 – Design scheme of a cylindrical brush

Степень износа цилиндрической щётки (С.) можно определить по формулам:

$$C_{\rm u} = \left(\frac{r_{\rm H} - r_{\rm \phi}}{r_{\rm H} - r_{\rm \Pi II}}\right) \cdot 100\%,$$
 (2)

где $\rm r_{_{\rm th}}$ — фактический радиус цилиндрической щётки; $\rm r_{_{\rm th}}$ — номинальный радиус цилиндрической щётки; $\rm r_{_{\rm th}}$ — предельно-допустимый радиус цилиндрической щётки (для цилиндрической щётки с номинальным радиусом $\rm r_{_{\rm th}}$ = 0,275 м предельно допустимый радиус $\rm r_{_{\rm th}}$ = 0,155 м [26]).

$$C_{\rm u} = \left(\frac{S_{\rm H} - S_{\rm \phi}}{S_{\rm H} - S_{\rm \Pi J}}\right) \cdot 100\%,$$
 (3)

где S_{ϕ} — фактическая свободная длина прутка ворса цилиндрической щётки; S_{H} — номинальная свободная длина прутка ворса цилиндрической щётки; S_{ng} — предельно-допустимая свободная длина прутка ворса цилиндрической щётки.

Соотношение, связывающее величину ширины пятна контакта (X_k) и деформацию цилиндрической щётки (-) :

$$Y_{\text{IIIII}} = r - \sqrt{r^2 - \left(\frac{X_k}{2}\right)^2}.$$
 (4)

С учетом формулы (2) после преобразований формулы (4) получено соотношение, связывающее величину ширины пятна контакта, деформацию и степень износа цилиндрической щётки

$$Y_{\Pi\Pi\Pi} = \left(r_{H} - \frac{C_{U}(r_{H} - r_{\Pi\Pi})}{100}\right) - \sqrt{\left(r_{H} - \frac{C_{U}(r_{H} - r_{\Pi\Pi})}{100}\right)^{2} - \left(\frac{X_{k}}{2}\right)^{2}}.$$
 (5)

РЕЗУЛЬТАТЫ

Графическая зависимость деформации цилиндрической щётки ($\Delta Y_{\rm цц}$) от ширины пятна контакта ($X_{\rm k}$) при различных значениях степени износа цилиндрической щётки ($C_{\rm u}$) (для цилиндрической щётки с $r_{\rm H}$ = 0,275 м) показана на рисунке 3.

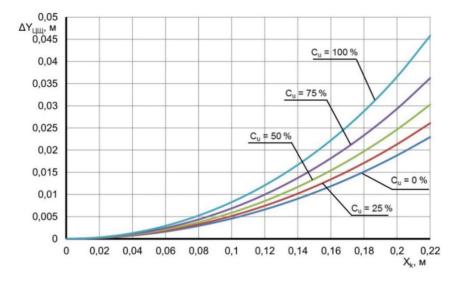


Рисунок 3 – Графическая зависимость деформации цилиндрической щётки от ширины пятна контакта при различных значениях степени износа ворса

Figure 3 – Graphical dependence of the deformation of a cylindrical brush on the width of the contact spot at different values of the degree of wear of the pile

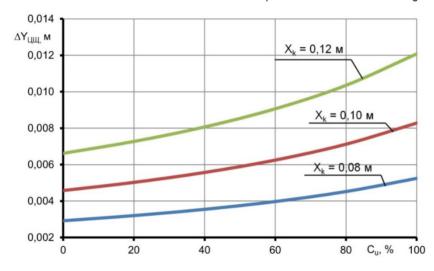


Рисунок 4 – Графическая зависимость величины деформации цилиндрической щётки от степени износа ворса при различных величинах ширины пятна контакта

Figure 4 – Graphical dependence of the amount of deformation of a cylindrical brush on the degree of wear of the pile at various widths of the contact patch

Из графика видно, что интенсивность нарастания деформации при увеличении ширины пятна контакта цилиндрической щётки тем выше, чем больше величина степени износа.

Графическая зависимость величины деформации цилиндрической щётки ($\Delta Y_{\text{цщ}}$) от степени износа при различных величинах ширины пятна контакта (X_k) (для цилиндрической щётки с r_u = 0,275 м) показана на рисунке 4.

Из графика видно, что интенсивность увеличения деформации при нарастании износа цилиндрической щётки тем выше, чем больше величина ширины пятна контакта.

Рассмотрено влияние износа на упругую характеристику цилиндрической щётки $\Delta Y_{\text{цц}} = f(F_{\text{пр}})$, для этого уравнение (1) преобразовано с учетом следующих выражений:

$$\mathbf{B} = 0.183 \cdot \mathbf{E} \cdot \mathbf{J} \cdot \mathbf{f}^{-0.5} \cdot \mathbf{i}_{\mathbf{II}}; \tag{6}$$

$$Y_k = r - r_b - Y_{IIII}; (7)$$

$$S = r - r_b; (8)$$

$$F_{\text{np}} = B \cdot \frac{(r - r_b)^6}{(r - r_b - Y_{\text{nun}})^8} \cdot \arccos \frac{(r - Y_{\text{nun}})}{(r)}.$$
 (9)

С учетом

$$\mathbf{r} = \left(\mathbf{r}_{\mathbf{H}} - \frac{\mathbf{C}_{\mathbf{u}}(\mathbf{r}_{\mathbf{H}} - \mathbf{r}_{\mathbf{\Pi}\mathbf{\mathcal{I}}})}{100}\right). \tag{10}$$

Получена зависимость силы прижатия (F_{np}) от деформации (Δy_{uu}) и от степени износа цилиндрической щётки (C_{u})

$$F_{\Pi p} = B \cdot \frac{\left(\left(r_{H} - \frac{C_{u}(r_{H} - r_{\Pi \Lambda})}{100} - r_{b} \right) - r_{b} \right)^{6}}{\left(\left(r_{H} - \frac{C_{u}(r_{H} - r_{\Pi \Lambda})}{100} \right) - r_{b} - Y_{\Pi \mu \mu} \right)^{8}} \cdot \frac{\left(r_{H} - \frac{C_{u}(r_{H} - r_{\Pi \Lambda})}{100} \right) - r_{b} - Y_{\Pi \mu \mu}}{\left(r_{H} - \frac{C_{u}(r_{H} - r_{\Pi \Lambda})}{100} \right)}.$$
(11)

Для выражения функциональной зависимости $\Delta Y_{\text{цц}} = f(F_{\text{пр}})$, выражение (11) преобразовано в уравнение вида

$$F_{\text{IID}} - f(Y_{\text{IIII}}) = 0.$$
 (12)

Его решение найдено с помощью численных методов относительно деформации цилиндрической щётки ($\Delta Y_{\text{цц}}$) для ряда значений силы прижатия ($F_{\text{пp}}$) и разных величинах степени износа цилиндрической щётки ($C_{\text{ц}}$) с использованием пакета программ для математи-

ческих задач MathCAD 15, для многократного вычисления уравнения (11) были заданы условия расчета программы (рисунок 5). Диапазон изменения силы прижатия составлял 0...5000 H, расчет осуществлялся с использованием оператора цикла for, число повторений цикла v = 100, шаг изменения силы прижатия $\Delta F = 50$ H, результаты вычислений записываются в массив $N_{\rm u, 1}$.

В качестве исходных данных были приняты параметры цилиндрической щётки с 46 дисками с ворсом из полимерного материала (номинальный радиус — $r_{_{\rm H}}$ = 0,275 м, предельно допустимый радиус — $r_{_{\rm nd}}$ = 0,155 м, радиус барабана — $r_{_{\rm b}}$ = 0,085 м, диаметр прутка ворса — $d_{_{\rm B}}$ = 3 мм, общее число ворса — $i_{_{\rm u}}$ = 17802).

$$\begin{split} \Delta \text{Fmp} &:= 50 \quad \text{H} \\ Z &:= \left| \begin{array}{c} \text{Fmp} \leftarrow 0 \\ \text{for} \quad v \in 0..100 \\ \\ N_{V , 0} \leftarrow \text{Fmp} \\ N_{V , 1} \leftarrow \text{root}(\text{f}(\Delta \text{Ympo}, \text{Fmp}), \Delta \text{Ympo}) \\ \text{Fmp} \leftarrow \text{Fmp} + \Delta \text{Fmp} \\ N \end{split} \right. \end{split}$$

Рисунок 5 – Алгоритм программы MathCAD для многократного численного решения уравнения (11)

Figure 5 – MathCAD program algorithm for multiple numerical solution of the equation (11)

Результаты вычислений представлены в графическом виде (рисунок 6).

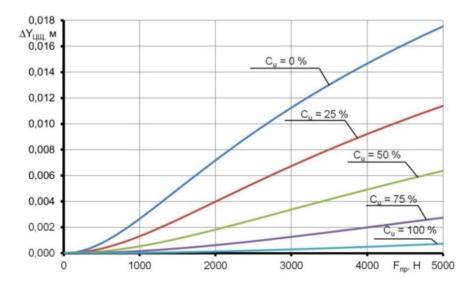


Рисунок 6 – Упругие характеристики цилиндрической щётки для разных степеней износа

Figure 6 – Elastic characteristics of a cylindrical brush for different degrees of wear

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

По полученным данным были определены средние коэффициенты жесткости цилиндрической щётки для разных степеней износа. Графическая зависимость среднего коэффициента жесткости ($k_{\text{цц}}$) от степени износа цилиндрической щётки представлена на рисунке 7.

Из графика видно, что с возрастанием степени износа цилиндрической щётки коэффициент жесткости увеличивается (в среднем $\Delta k_{\text{цщ}} = 11$ н/мм на каждый процент износа), после достижения степени износа ($C_{\text{п}} = 65\%$)

интенсивность увеличения коэффициента жесткости резко возрастает (в среднем $\Delta k_{_{\text{цц}}}$ = 180 н/мм на каждый процент износа). Изменение коэффициента жесткости с износом цилиндрической щётки должно отразиться на требуемом значении усилии прижатия.

С учетом зависимости (10) для рассмотрения влияния степени износа щёточного рабочего оборудования на усилие прижатия, требуемое для поддержания определенного значения ширины пятна контакта с опорной

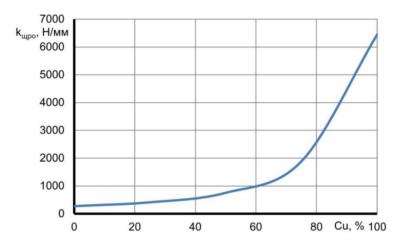


Рисунок 7 — Графическая зависимость среднего коэффициента жесткости от степени износа ворса цилиндрической щётки

Figure 7 – Graphical dependence of the average stiffness coefficient on the degree of wear of the pile of a cylindrical brush

Таблица 2 Результаты расчетов требуемого усилия прижатия цилиндрической щётки

Table 2 Calculation results of the required pressing force of the cylindrical brush

Степень износа цилиндрической щётки, С _{.,} , %	Ширина пятна контакта, X _к								
	Х _к = 0.08 м		X _k = 0.10 M		X _k = 0.12 м				
	Деформация, ΔΥ _{цш} , мм	Сила прижатия, F _{пр} , Н	Деформация, ΔΥ _{цщ} , мм	Сила прижатия, F _{пр} , Н	Деформация, ΔΥ _{цщ} , мм	Сила прижатия, F _{пр} , H			
0	2,92	1060	4,58	1426	6,63	1874			
10	3,06	1282	4,80	1740	6,94	2312			
20	3,21	1572	5,03	2156	7,28	2904			
30	3,37	1960	5,29	2722	7,65	3726			
40	3,55	2492	5,58	3514	8,07	4907			
50	3,75	3242	5,89	4662	8,54	6676			
60	3,98	4341	6,25	6399	9,07	9463			
70	4,24	6026	6,66	9175	9,67	14157			
80	4,53	8767	7,13	13940	10,36	22792			
90	4,86	13584	7,66	22953	11,15	40755			
100	5,25	23019	8,29	42533	12,08	85554			

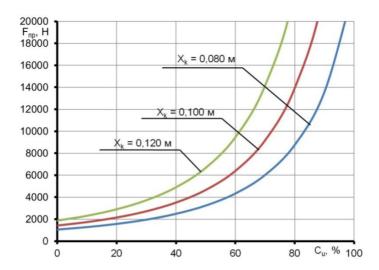


Рисунок 8 – Графическая зависимость требуемой силы прижатия цилиндрической щётки от степени износа при различных величинах ширины пятна контакта

Figure 8 – Graphical dependence of the required pressing force of the cylindrical brush on the degree of wear at different widths of the contact patch

поверхностью (для цилиндрической щётки с номинальным радиусом $r_{_{\rm H}}=0,275$ м с ворсом из полимерного материала), произведены необходимые расчеты, результаты которых сведены в таблицу 2 и проиллюстрированы на рисунке 8.

Из таблицы 2 и графика (см. рисунок 8) видно, что требуемое усилие прижатия возрастает с увеличением степени износа цилиндрической щётки. При увеличении степени износа выше определенного значения становится невозможным поддерживать значение пятна контакта цилиндрической щётки в оптимальном диапазоне только за счет силы тяжести, так как требуемое усилие прижатия цилиндрической щётки становится больше силы тяжести, действующей на щёточное рабочее оборудование. Например, при массе щёточного рабочего оборудования, приходящейся на цилиндрическую щётку, $-m_{\text{шро}} = 435$ кг максимальная возможная сила прижатия составит $F_{nn \, max} = 4276 \, H.$ При этом граничное значение степени износа, после которого становится невозможным поддерживать заданное значение ширины пятна контакта цилиндрической щётки только за счет силы тяжести, будет зависеть от величины ширины пятна контакта. Для значений ширины пятна контакта Х₁ = 0,08 м, $X_k = 0,10$ м, $X_k = 0,12$ м граничное значение степени износа составит 60%, 48% и 36% соответственно.

При эксплуатации предложенного устройства управления положением щеточного рабочего органа с дополнительным гидроп-

невмоаккумулятором возникает необходимость корректирования давления на выходе гидропневмоаккумулятора для поддержания необходимой ширины пятна контакта при износе ворса. Необходимо получить зависимость давления на выходе гидропневмоаккумулятора от свободной длины ворса цилиндрической щетки.

Связь между щеточным рабочим оборудованием и базовой машиной обеспечивает параплелограммная подвеска. Были составлены уравнения геометрических связей. В результате определен передаточный коэффициент подвески K_{nod} = 8,33. Из условия равенства работ при перемещении штока гидроцилиндра и перемещении щеточного рабочего оборудования получено уравнение

$$F_{\text{гц}} = K_{\text{под}} \cdot F_{\text{цщ}}, \tag{13}$$

где $F_{r_{II}}$ – усилие на штоке гидроцилиндра, H; F_{uu} – усилие, приложенное к цилиндрической щетке со стороны гидропривода, H.

Усилие прижатия $F_{_{\it пp}}$ цилиндрической щетки к очищаемой поверхности

$$F_{\rm np} = G_{\rm upo} - F_{\rm uu}, \tag{14}$$

где $G_{\text{шро}}$ – вес ЩРО, Н.

С учетом обеспечения необходимого значения ширины пятна контакта цилиндрической щетки с очищаемой поверхностью с учетом степени износа из полученной зависимости (см. рисунок 4) определена необходимая вели-

чина деформации ворса щетки $\Delta Y_{\text{цш}}$. Далее с учетом коэффициента жесткости ворса щетки была определена необходимая сила прижатия $F_{\text{пр}}$. В результате необходимое усилие на штоке гидроцилиндра

$$F_{\text{ru}} = (G_{\text{шро}} - F_{\text{пр}}) \cdot K_{\text{под.}}$$
 (15)

Было рассчитано необходимое давление в гидропневмоаккумуляторе P_{m_0} по формуле

$$P_{\rm rna} = F_{\rm ru} / S_{\rm ru \, um} , \qquad (16)$$

где $S_{r_{LL}}$ — площадь поршня в штоковой полости гидроцилиндра, м².

Далее получена зависимость давления в гидропневмоаккумуляторе от фактической свободной длины прутка ворса цилиндрической щетки, $P_{rna} = f(S_{th})$, (рисунок 9).

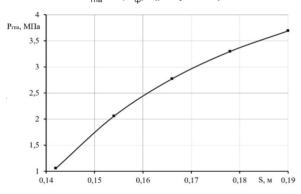


Рисунок 9 — Графическая зависимость давления в гидропневмоаккумуляторе от фактической свободной длины прутка ворса цилиндрической щетки

Figure 9 - Graphical dependence of the pressure in the hydraulic pneumatic accumulator on the actual free length of the pile bar of the cylindrical brush

Из графика на рисунке 9 видно, что с увеличением степени износа ворса, т.е. с уменьшением фактической свободной длины ворсинщетки, требуемое для поддержания необходимого значения ширины пятна контакта давление в гидропневмоаккумуляторе уменьшается.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для обеспечения максимальной эффективности процесса очистки дорожного покрытия от загрязнений и уменьшения интенсивности износа щёточного ворса необходимо поддержание оптимального значения ширины пятна контакта цилиндрической щётки с очищаемой поверхностью, за счет регулирования усилия прижатия цилиндрической щётки с учетом её степени изнашивания в процессе эксплуатации. Для поддержания необходимого усилия

прижатия предлагается применение устройства управления положением щёточного рабочего оборудования на основе гидропневматического аккумулятора.

В процессе работы цилиндрической щётки изнашивается и изменяется её жесткость, с возрастанием степени износа цилиндрической шётки коэффициент жесткости увеличивается, при этом после достижения определенного значения степени износа интенсивность увеличения коэффициента жесткости резко возрастает. В зависимости от ширины пятна контакта существуют граничные значения степеней износа, после достижения которых становится невозможным поддерживать заданное значение ширины пятна контакта цилиндрической щётки только за счет силы тяжести, действующей на щёточное рабочее оборудование. Полученные зависимости позволят учитывать износ ворса цилиндрической щётки при имитационном моделировании предлагаемого устройства управления положением щёточного рабочего оборудования коммунальной машины. Получена зависимость давления в гидропневмоаккумуляторе устройства управления положением щеточного рабочего органа от фактической свободной длины прутка ворса цилиндрической щетки. За счет изменения давления на выходе гидропневмоаккумулятора возможно поддерживать необходимую ширину пятна контакта при износе ворса цилиндрической щетки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. Лепеш А.Г. Научные основы повышения производительности подметальных агрегатов коммунальных машин // Инновации. 2011. № 6. С. 136– 130
- 2. Xue C., Hu Y. The main cleaning system design of garbage sweeper // Advanced Materials Research. 2014. Vol. 945-949. Pp. 257-260. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.945-949.257.
- 3. Lu S., Zhou Z., Han E., Guofeng Y. New Energy Road Sweeper Scenario Design and Simulation. // IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC Asia-Pacific). 2014.DOI: 10.1109/ITEC-AP.2014.6940708.
- 4. Fasiuddin S.N.Q. Design and manufacturing of Automobile testing track sweeping machine // Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management 8-10 March. 2016. P. 1498.
- 5. Libardo V., Vanegas-Useche, Magd M., Abdel-Wahab, Graham A., Parker, Wang, Chong, Sun, Qun, Wahab, Magd Abdel. Effectiveness of oscillatory gutter brushes in removing street sweeping waste // Waste Management.2015. Vol. 43. Pp. 28-36. DOI: 10.1016/j. wasman.2015.05.014.

- 6. Abdel Wahab M M Wang C Vanegas Useche L V Parker G A 2010 Finite element models for brushdebris interaction in road sweeping Acta Mech. Pp. 71-84.
- 7. Wang C., Parker G. Analysis of Rotary Brush Control Characteristics for a Road Sweeping Robot Vehicle // INTERNATIONAL CONFERENCE ON MECHATRONICS AND CONTROL (ICMC). 2015. Pp. 1799-1804. DOI: 10.1109/ICMC.2014.7231871.
- 8. Yuan Xi, Yan Dai, Yonghou Xiao, Kai Cheng, Tao Xiao and Shixiang Zhao. Internal Flow Field Uniformity Study of Dust Collector for A Street Vacuum Sweeper Based on CFD // Materials Science and Enginnering. 2017. Vol. 272. Pp. 1–6. DOI: 10.1088/1757-899X/272/1/012007.
- 9. Лепеш А.Г. Прогнозирование изнашивания щеток коммунальных машин // Технико-технологические проблемы сервиса. № 2(12). 2010. С. 25-34.
- 10. Лепеш Г.В., Иванова Е.С. Расчет характеристик трения в задачах анализа внутрибаллистических процессов / Вторые Окуневские чтения // Сборник трудов Международной научно-практической конференции. С-Петербург: БГТУ. 2001. С. 56–67.
- 11. Chen XX., Yang MY., Deng, Kangyao. Numerical analysis of a centrifugal fan for a road sweeper // ASME Fluids Engineering Division Summer Meeting. 2017. Vol. 1A. DOI: 10.1115/FEDSM2017-69103.
- 12. Jeon J., Jung B., Koo J.C. Pintado A., Oh P. Autonomous robotic street sweeping: Initial attempt for curbside sweeping // IEEE International Conference on Consumer Electronics. 2017. Pp. 72-73. DOI:10.1109/ICCE.2017.7889234.
- 13. Vanegas-Useche L V Abdel-Wahab M M Parker G A 2011 Determination of friction coefficients, brush contact arcs and brush penetrations for gutter brush-road interaction through FEM Acta Mech. Pp. 119-132.
- 14. Wang C., Sun Q, Wahab M.A., Zhang X., Xu L. Regression modeling and prediction of road sweeping brush load characteristics from finite element analysis and experimental results // Waste Management.2015. Vol.43. Pp.19-27. DOI: 10.1016 / j. wasman.2015.06.027.
- 15. Yang Q.L., Zhou Y., Ying K.M., Li R.B., Wang X. Study on Cleaning Performanct of Small Road Sweeper Vehicle // Proceedings of the 2018 3rd international conference on electrical, autovanion and mechanical engineering. 2018. Vol. 127. Pp. 194-198. DOI: 10.2991/eame-18.2018.41.
- 16. Куксов М. П. Определение рациональных режимов работы малогабаритной коммунальной машины для летнего содержания дворовых территорий с использованием математического моделирования // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 3. С. 44–48.
- 17. Куксов М. П., Сякин С. Н. Определение рационального коэффициента распределения мощности малогабаритной коммунальной машины для зимнего содержания дворовых территорий // Авиамашиностроение и транспорт Сибири 2013: сб. научных трудов студентов и преподавателей Института авиамашиностроения и транспорта. Иркутск: Изд-во ИрГТУ. 2013. 168 с.

- 18. Куксов М.П., Нижегородов А.И. К построению математической модели рабочего процесса подметально-уборочной машины // Вестник ИрГТУ. 2013. № 12. С. 88-91.
- 19. Лепеш А.Г. К определению силового взаимодействия щёток коммунальных машин с дорожным покрытием // Технико-технологические проблемы сервиса. 2011. №1(15). С.30–35
- 20. Лепеш А.Г. Прогнозирование изнашивания щеток коммунальных машин // Технико-технологические проблемы сервиса. 2010. № 2 (12) С. 25–34.
- 21. Лепеш А.Г., Лепеш Г.В. Математическое моделирование силового взаимодействия щеток коммунальных машин с дорожным покрытием // Технико-технологические проблемы сервиса. 2010. №3 (13). С. 32–38.
- 22. Tsekhosh1 S I Ignatov S D Zanin AV Kvasov I N 2020 Dynamics of utility machines with brush working equipment. *Journal of Physics* Conf. Series electronic collection. Vol. 1441 (2020). 012122. DOI: 10.1088/1742-6596/1441/1/012122.
- 23. Tsekhosh S I, Ignatov S D, Demidenko A I and Kvasov I N 2020 Increasing the resource of the brush working equipment of a communal machine through the use of a device for controlling its position Collection *Problems of Mechanical Engineering XV Int. Sci. and Tech. Conf* (Omsk) OmSTU. Vol. 1546 (2020). 012143. DOI:10.1088/1742-6596/1546/1/012143.
- 24. Игнатов С.Д., Цехош С.И. Упругие характеристики щёточного ворса рабочего оборудования коммунальной машины // Вестник СибАДИ. 2019. Т. 16. №1. С. 6–17.
- 25. Игнатов С.Д., Цехош С.И. Определение упругих характеристик ворса щеточного рабочего органа коммунальной машины // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации. 2019. С. 6266.
- 26. Лепеш А.Г. Имитационное моделирование рабочего процесса коммунальной уборочной техники // Технико-технологические проблемы сервиса. 2011. №3(17). С.32–41.

REFERENCES

- 1 Lepesh A G. Nauchnye osnovy povyshenija proizvoditeľnosti podmetaľnyh agregatov kommunaľnyh mashin [Scientific basis for improving the productivity of municipal sweeper units] // Innovations. 2011; 6: 136-139. (In Russian)
- 2 Xue C., Hu Y. The main cleaning system design of garbage sweeper // Advanced Materials Research. 2014; 945-949: 257-260. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.945-949.257.
- 3 Lu S., Zhou Z., Han E., Guofeng Y. New Energy Road Sweeper Scenario Design and Simulation. // IEEE *Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC Asia-Pacific)*. 2014. DOI: 10.1109/ITEC-AP.2014.6940708.
- 4 Fasiuddin S.N.Q. Design and manufacturing of Automobile testing track sweeping machine // Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management 8-10 March. 2016: 1498.

- 5 Libardo V., Vanegas-Useche, Magd M., Abdel-Wahab, Graham A., Parker, Wang, Chong, Sun, Qun, Wahab, Magd Abdel. Effectiveness of oscillatory gutter brushes in removing street sweeping waste // Waste Management.2015. Vol. 43. Pp. 28-36. DOI: 10.1016/j. wasman.2015.05.014.
- 6 Abdel Wahab M M Wang C Vanegas Useche L V Parker G A 2010 Finite element models for brushdebris interaction in road sweeping Acta Mech. Pp. 71-84.
- 7 Wang C., Parker G. Analysis of Rotary Brush Control Characteristics for a Road Sweeping Robot Vehicle // INTERNATIONAL CONFERENCE ON MECHATRONICS AND CONTROL. 2015: 1799-1804. DOI: 10.1109/ICMC.2014.7231871.
- 8 Yuan Xi, Yan Dai, Yonghou Xiao, Kai Cheng, Tao Xiao and Shixiang Zhao. Internal Flow Field Uniformity Study of Dust Collector for A Street Vacuum Sweeper Based on CFD // Materials Science and Enginnering. 2017; 272: 1–6. DOI: 10.1088/1757-899X/272/1/012007.
- 9 Lepesh A G. Prognozirovanie iznashivanija shhetok kommunal'nyh mashin [Predicting the wear of utility vehicle brushes] // Technical and technological problems of the service. № 2(12). 2010: 25-34. (In Russian)
- 10 Lepesh G V, Ivanova E S. Raschet harakteristik trenija v zadachah analiza vnutriballisticheskih processov [Calculation of friction characteristics in problems of analysis of intra-ballistic processes] // Proceedings of the international scientific and practical conference. St. Petersburg: BSTU. 2001: 56-67. (In Russian)
- 11 Chen XX., Yang MY., Deng, Kangyao. Numerical analysis of a centrifugal fan for a road sweeper // ASME Fluids Engineering Division Summer Meeting. 2017. Vol. 1A. DOI: 10.1115/FEDSM2017-69103.
- 12 Jeon J., Jung B., Koo J.C. Pintado A., Oh P. Autonomous robotic street sweeping: Initial attempt for curbside sweeping // IEEE International Conference on Consumer Electronics. 2017: 72-73. DOI:10.1109/ICCE.2017.7889234.
- 13 Vanegas-Useche L V Abdel-Wahab M M Parker G A 2011 Determination of friction coefficients, brush contact arcs and brush penetrations for gutter brush-road interaction through FEM Acta Mech: 119-132.
- 14 Wang C., Sun Q, Wahab M.A., Zhang X., Xu L. Regression modeling and prediction of road sweeping brush load characteristics from finite element analysis and experimental results // Waste Management.2015; 43: 19-27. DOI: 10.1016 / j. wasman.2015.06.027.
- 15 Yang Q.L., Zhou Y., Ying K.M., Li R.B., Wang X. Study on Cleaning Performanct of Small Road Sweeper Vehicle // Proceedings of the 2018 3rd international conference on electrical, autovanion and mechanical engineering. 2018;127:194-198. DOI: 10.2991/eame-18.2018.41.
- 16 Kuksov M P 2015 Opredelenie racional'nyh rezhimov raboty malogabaritnoj kommunal'noj mashiny dlja letnego soderzhanija dvorovyh territorij s ispol'zovaniem matematicheskogo modelirovanija [Determination of rational modes of operation of a small-

- sized communal machine for summer maintenance of yard territories using mathematical modeling] "Bulletin of the Irkutsk State Technical University" (Russia: Irkutsk): 44 48. (In Russian)
- 17 Kuksov M P, Sachin S.N. Opredelenie racional'nogo kojefficienta raspredelenija moshhnosti malogabaritnoj kommunal'noj mashiny dlja zimnego soderzhanija dvorovyh territorij [Determination of the rational power distribution coefficient of a small-sized utility vehicle for winter maintenance of courtyards] // Aviamashinostroenie I transport Sibiri-2013: collection of scientific papers of students and teachers of the Institute of aircraft engineering and transport. Irkutsk: Publishing house Irgtu. 2013: 168. (In Russian)
- 18 Kuksov M P, Nizhegorodov A.I. K postroeniju matematicheskoj modeli rabochego processa podmetal'no-uborochnoj mashiny [To build a mathematical model of the working process of a sweeper] // Bulletin Of Irstu. 2013; 12: 88-91. (In Russian)
- 19 Lepesh A G, K opredeleniju silovogo vzaimodejstvija shhjotok kommunal'nyh mashin s dorozhnym pokrytiem [To determine the force interaction of brushes of utility vehicles with the road surface] // Technical and technological problems of the service. 2011; 1(15): 30-35. (In Russian)
- 20 Lepesh A G. Prognozirovanie iznashivanija shhetok kommunal'nyh mashin [Predicting the wear of utility vehicle brushes] // Technical and technological problems of the service. 2010; (12): 25-34. (In Russian)
- 21 Lepesh A G, Lepesh G V. Matematicheskoe modelirovanie silovogo vzaimodejstvija shhetok kommunal'nyh mashin s dorozhnym pokrytiem [Mathematical modeling of the force interaction of brushes of utility vehicles with the road surface] // Technical and technological problems of the service. 2010; 3 (13): 32 -38. (In Russian)
- 22 Tsekhosh1 S I Ignatov S D Zanin AV Kvasov I N 2020 Dynamics of utility machines with brush working equipment. *Journal of Physics* Conf. Series electronic collection. Vol. 1441 (2020). 012122. DOI: 10.1088/1742-6596/1441/1/012122.
- 23 Tsekhosh S I, Ignatov S D, Demidenko A I and Kvasov I N 2020 Increasing the resource of the brush working equipment of a communal machine through the use of a device for controlling its position Collection *Problems of Mechanical Engineering XV Int. Sci. and Tech. Conf* (Omsk) OmSTU. Vol. 1546 (2020). 012143. DOI:10.1088/1742-6596/1546/1/012143. (In Russian)
- 24 Ignatov S D and Tsekhosh Uprugie harakteristiki shhjotochnogo vorsa rabochego oborudovanija kommunal'noj mashiny [Elastic characteristics of brush pile of the working equipment of a communal machine] // The Russian Automobile and Highway Industry Journal, 2019 (Russia: Omsk): 6–17. (In Russian)
- 25 Ignatov S D, Tsekhosh S I. Opredelenie uprugih harakteristik vorsa shhetochnogo rabochego organa kommunal'noj mashiny [Determination of elastic characteristics of the pile of the brush working body of a utility machine] // Architectural, construction and road transport complexes: problems, prospects, innovations. 2019: 62–66. (In Russian)

26 Lepesh A G. Imitacionnoe modelirovanie rabochego processa kommunal'noj uborochnoj tehniki [Simulation of the working process of municipal cleaning equipment] // Technical and technological problems of the service. 2011; 3(17): 32-41. (In Russian)

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Цехош С.И. Обоснование необходимости применения устройства управления положением щеточного рабочего органа на основе дополнительно установленного гидропневматического аккумулятора. Показаны в виде графика зависимость ширины пятна контакта от деформации цилиндрической щётки при различных степенях износа. Установлена зависимость требуемого усилия прижатия цилиндрической щётки от степени износа ворса при разных величинах ширины пятна контакта. Оформление готового варианта статьи

Журавский Б.В. Приведена зависимость степени износа ворса щёточного рабочего оборудования от фактического радиуса цилиндрической щётки. Рассмотрено влияние степени износа ворса на упругую характеристику цилиндрической щётки в радиальном направлении. Формулировка цели и задач.

Цехош П.И. Анализ существующих конструкций щеточного рабочего оборудования. Получена зависимость давления в гидропневмоаккумуляторе устройства управления положением щеточного рабочего органа от фактической свободной длины прутка ворса цилиндрической щетки. Проверка и корректировка статьи. Заключение.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Журавский Борис Викторович – старший преподаватель кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей», ORCID: 0000-0002-4516-2607, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5 e-mail: Ra9meo@mail.ru).

Цехош София Ивановна — старший преподаватель кафедры «Инженерная педагогика», ORCID: 0000-0002-4904-4173, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: tsehosh.lyubov@yandex.ru).

Цехош Павел Иванович — наладчик автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учета электроэнергии (АИИСКУЭ) в структурном подразделении центральной базы производственного обслуживания по ремонту и наладке энергетического оборудования (ЦБПО РНЭО), компания ПАО «Сургутнефтегаз» (г.Сургут, e-mail: paw234@yandex.ru).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Boris V. Zhuravsky – senior lecturer of the Automobile Operation and Repair Department, ORCID: 0000-0002-4516-2607, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5 e-mail: Ra9meo@mail.ru).

Sofia I. Tsekhosh— senior lecturer of the Engineering Pedagogy Department, ORCID: 0000-0002-4904-4173, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave.,5, e-mail: tsehosh.lyubov@yandex.ru).

Pavel I. Tsekhosh— service engineer of the automated information and measurement system for commercial electricity metering in the structural division of the Central base of production services for the repair and service of power equipment, Surgutneftegas Company (Surgut, e-mail: paw234@yandex.ru).