

УДК (UDC) 625.768.1

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ  
ГИДРОПНЕВМОАККУМУЛЯТОРА НА РАБОТУ УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ  
ПОЛОЖЕНИЕМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЩЁТКИ КОММУНАЛЬНОЙ МАШИНЫ****INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE PARAMETERS OF A  
HYDROPNEUMATIC ACCUMULATOR ON THE OPERATION OF THE DEVICE  
FOR CONTROLLING THE POSITION OF A CYLINDRICAL BRUSH OF A  
COMMUNAL MACHINE**Цехош С.И., Журавский Б.В., Щербаков В.С.  
Tsekhoosh S.I., Zhuravskiy B.V., Sherbakov V.S.Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (Омск, Россия)  
Siberian State Automobile and Highway University (Omsk, Russian Federation)

**Аннотация.** Статья посвящена актуальной проблеме повышения качества уборки дорог и тротуаров коммунальными машинами с щёточным рабочим оборудованием. Одним из основных параметров рабочего процесса коммунальной машины с щёточным рабочим оборудованием, определяющим эффективность очистки и ресурс щётки, является сила прижатия щётки к очищаемой поверхности. С целью обеспечения наивысшей эффективности процесса очистки при работе коммунальной машины требуется поддерживать определённое значение силы прижатия щётки. Во время работы коммунальной машины, оснащённой щёточным рабочим оборудованием с опорными катками, сила прижатия может значительно изменяться. Для поддержания необходимого значения силы прижатия щётки к очищаемой поверхности предлагается устройство управления положением щёточного рабочего оборудования с применением гидропневмоаккумулятора, соединённого со штоковой полостью штатного гидроцилиндра. Давление рабочей жидкости, создаваемое гидропневмоаккумулятором и действующее на поршень гидроцилиндра, создаёт силу, действующую на щёточное рабочее оборудование, что позволяет обеспечить необходимое усилие прижатия щётки к очищаемой поверхности. Показатели эффективности работы устройства управления положением щёточного рабочего оборудования зависят от выбранных значений конструктивных параметров его элементов, в том числе и от параметров гидропневмоаккумулятора. Получены зависимости отклонения силы прижатия щётки от требуемого значения при вертикальном перемещении щёточного рабочего оборудования от полезного объёма, начального давления зарядки и максимального давления гидропневмоаккумулятора. Рассмотрен способ снижения отклонения силы прижатия щётки от требуемого значения за счёт подключения к газовой полости гидропневмоаккумулятора дополнительного объёма.

**Ключевые слова:** коммунальная машина, гидропневмоаккумулятор, цилиндрическая щётка,

**Abstract.** The article is devoted to the actual problem of improving the quality of cleaning roads and sidewalks by communal machines with brush working equipment. One of the main parameters of the working process of a communal machine with brush working equipment, which determines the cleaning efficiency and brush life, is the brush pressing force against the surface to be cleaned. In order to ensure the highest efficiency of the cleaning process during the operation of the communal machine, it is required to maintain a certain value of the brush pressing force. During the operation of a communal machine equipped with brush implements with track rollers, the pressing force can vary significantly. To maintain the required value of the brush pressing force against the surface to be cleaned, a device for controlling the position of the brush working equipment using a hydro-pneumatic accumulator connected to the rod end of a standard hydraulic cylinder is proposed. The pressure of the working fluid created by the hydro-pneumatic accumulator and acting on the piston of the hydraulic cylinder creates a force acting on the brush working equipment, which makes it possible to provide the necessary force for pressing the brush to the surface to be cleaned. The performance indicators of the device for controlling the position of the brush working equipment depend on the selected values of the design parameters of its elements, including the parameters of the hydro-pneumatic accumulator. The dependences of the deviation of the brush pressing force from the required value during the vertical movement of the brush working equipment on the useful volume, the initial charging pressure and the maximum pressure of the hydro-pneumatic accumulator are obtained. A method is considered to reduce the deviation of the brush pressing force from the required value by connecting an additional volume to the gas cavity of the hydro-pneumatic accumulator.

**Keywords:** communal machine, hydro-pneumatic accumulator, cylindrical brush, control device, pressing

устройство управления, сила прижатия.

Дата принятия к публикации: 29.08.2022  
Дата публикации: 25.09.2022

#### Сведения об авторах:

**Цехош София Ивановна** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Инженерная педагогика», ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)», e-mail: tsehosh.lyubov@yandex.ru.

ORCID: 0000-0002-4904-4173

**Щербаков Виталий Сергеевич** – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автоматизация производственных процессов и электротехника», ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)», e-mail: sherbakov\_vs@sibadi.org.

ORCID: 0000-0002-3084-2271

**Журавский Борис Викторович** – старший преподаватель кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей», ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)», e-mail: ra9meo@mail.ru.

ORCID: 0000-0002-4516-2607

force.

Date of acceptance for publication: 29.08.2022  
Date of publication: 25.09.2022

#### Authors' information:

**Sofiya I. Tsekhosh** – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of «Engineering Pedagogy», Siberian State Automobile and Highway University (SibADI),

e-mail: tsehosh.lyubov@yandex.ru.

ORCID: 0000-0002-4904-4173

**Vitaliy S. Sherbakov** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of «Automation of Production Processes and Electrical Engineering», Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), e-mail: sherbakov\_vs@sibadi.org.

ORCID: 0000-0002-3084-2271

**Boris V. Zhuravskiy** – Senior Lecturer of the Department «Operation and Repair of Automobiles», Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), e-mail: ra9meo@mail.ru.

ORCID: 0000-0002-4516-2607

## 1. Введение

Удаление загрязнений с поверхности автомобильных дорог и тротуаров проводится регулярно в течение всего года. Для выполнения данного вида работ используются коммунальные машины с различными типами щётчного рабочего оборудования. Наибольшее применение получили коммунальные машины, оснащенные щётчным рабочим оборудованием с цилиндрическими щётками [1, 2].

Как показали проведенные исследования [3, 4], эффективность работы и ресурс щётчного рабочего оборудования зависит от многих конструктивных и режимных параметров. Одним из наиболее значимых параметров является ширина пятна контакта цилиндрической щётки с очищаемой поверхностью [5, 6]. Для обеспечения наибольшей эффективности рабочего процесса коммунальной машины с щётчным рабочим оборудованием при приемлемой интенсивности износа ворса при работе нужно поддерживать определенное значение ширины пятна контакта щётки с поверхностью дороги [6, 7]. Значение ширины пятна контакта щётки с дорогой зависит от упругих свойств её ворсин и величины силы прижатия [8].

У большого числа моделей щётчного рабочего оборудования с цилиндрическими щётками сила прижатия и соответственно величина пятна контакта щётки с дорогой перед работой регулируется при помощи входящих в конструкцию опорных катков [8]. Опорные катки воспринимают часть силы тяжести, действующей на щётчное рабочее оборудование, при этом гидроцилиндр для подъема – опускания рабочего оборудования в работе не участвует (штоковая и поршневая полости через гидрораспределитель соединены со сливом). Применение опорных катков в составе щётчного рабочего оборудования не позволяет обеспечить стабилизацию силы прижатия и необходимые размеры ширины пятна контакта цилиндрической щётки при наличии неуправляемых перемещений щётки за счёт возмущающих воздействий со стороны микрорельефа очищаемой поверхности [9, 10], это приводит к снижению эффективности рабочего процесса коммунальной машины и уменьшению ресурса щётки [5, 8].

Поддержание необходимого значения ширины пятна контакта цилиндрической щётки с дорогой может быть обеспечено за счет применения устройства управления положением щётчного рабочего оборудования

с применением гидропневмоаккумулятора (рис.1) [11].

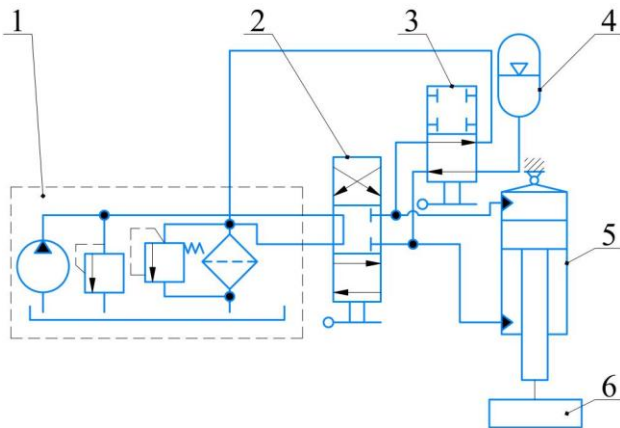


Рис. 1. Гидропривод устройства управления положением щёточного рабочего оборудования (1 – насосная станция; 2 – трехсекционный гидрораспределитель; 3 – двухсекционный гидрораспределитель; 4 – гидропневмоаккумулятор; 5 – гидроцилиндр; 6 – щёточное рабочее оборудование)

В предлагаемом устройстве управления гидропневмоаккумулятор во время работы коммунальной машины соединён со штоковой полостью гидроцилиндра подъема - опускания щёточного рабочего оборудования [12]. Давление рабочей жидкости, создаваемое гидропневмоаккумулятором и действующее на поршень гидроцилиндра, создаст силу, приложенную к щёточному рабочему оборудованию и действующую в направлении противоположном действию силы тяжести. Сила прижатия щётки к очищаемой поверхности будет равна разности силы тяжести, действующей на щёточное рабочее оборудование, и вертикальной составляющей силы, создаваемой гидроприводом и приложенной к щёточному рабочему оборудованию.

Рассмотрим случай наезда щеткой на выпуклость на очищаемой поверхности, при этом щёточное рабочее оборудование совершает вертикальное перемещение (рис. 2).

На рис. 2 используются следующие обозначения: ЩРО – щёточное рабочее оборудование)  $Z_{k1}$ ;  $Z_{k2}$  – положение поршня гидропневмоаккумулятора до и после наезда щёткой на выпуклость;  $P_{zna1}$ ;  $P_{zna2}$  – давление на выходе гидропневмоаккумулятора до и после

наезда щёткой на выпуклость;  $h_{um1}$ ;  $h_{um2}$  – положение штока гидроцилиндра до и после наезда щёткой на выпуклость;  $Y_{цро1}$ ;  $Y_{цро2}$  – вертикальная координата оси цилиндрической щетки до и после её наезда на выпуклость;  $F_{nod1}$ ;  $F_{nod2}$  – соответственно сила, действующая со стороны гидропривода до и после наезда щёткой на выпуклость;  $F_{np1}$ ;  $F_{np2}$  – сила прижатия щётки к очищаемой поверхности до и после наезда щёткой на выпуклость;  $V_{км}$  – скорость движения коммунальной машины,  $G_{цро}$  – сила тяжести, действующая на щёточное рабочее оборудование.

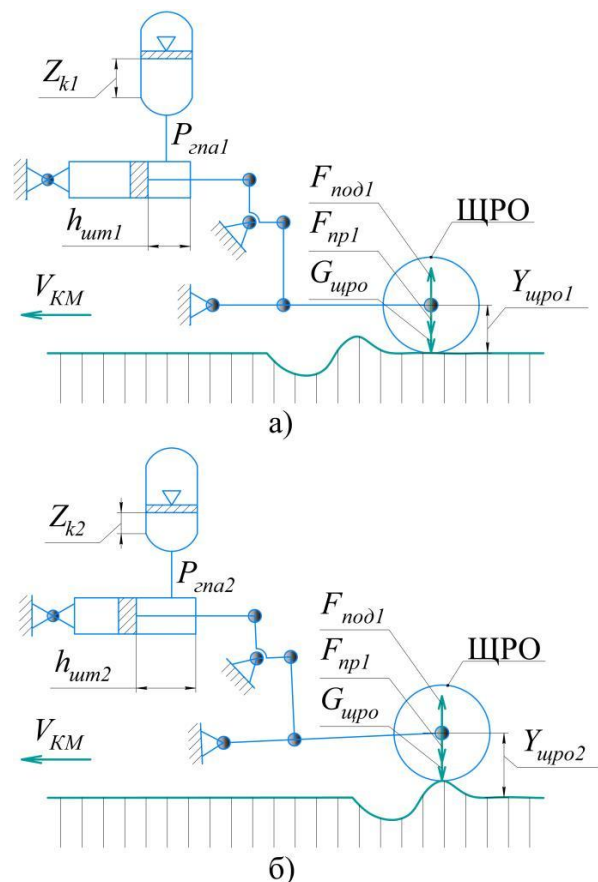


Рис. 2. Наезд щёткой на выпуклость на очищаемой поверхности при работе коммунальной машины: а, б – положение щёточного рабочего оборудования до и после наезда щёткой на выпуклость

При наезде щёткой на неровности очищаемой поверхности происходит вертикальное перемещение щёточного рабочего оборудования, в результате изменяется положение штока гидроцилиндра. При движении щёточного рабочего оборудования вниз шток гидроцилиндра выдвигается, рабочая жидкость

из штоковой полости вытесняется в гидропневмоаккумулятор, происходит его зарядка, объем газовой полости гидропневмоаккумулятора при этом уменьшается, давление возрастает. При движении щёточного рабочего оборудования вверх  $Y_{цро1} < Y_{цро2}$  шток заходит в гидроцилиндр  $h_{ум1} < h_{ум2}$ , рабочая жидкость из гидропневмоаккумулятора направляется в штоковую полость гидроцилиндра, происходит разрядка аккумулятора, объем его газовой полости возрастает, давление в ней уменьшается  $P_{зна1} > P_{зна2}$  (рис.1). Вертикальные перемещения щёточного рабочего оборудования приводят к изменению давления на выходе гидропневмоаккумулятора, при этом сила прижатия щётки к очищаемой поверхности будет меняться. При наезде щётки на выпуклость сила прижатия будет уменьшаться  $F_{np1} > F_{np2}$ , при наезде на выбоину – возрастать. Изменение силы прижатия щётки к очищаемой поверхности при вертикальных перемещениях щёточного рабочего оборудования может приводить к снижению показателей эффективности рабочего процесса коммунальной машины и будет зависеть от выбранных конструктивных параметров элементов устройства управления, в том числе и от параметров гидропневмоаккумулятора.

## 2. Постановка задачи

Целью данной статьи является получение зависимостей отклонения силы прижатия щётки от требуемого значения при вертикальных перемещениях щёточного рабочего оборудования, обусловленных наездом щётки на неровности очищаемой поверхности, от основных параметров гидропневмоаккумулятора.

Задачи исследования:

1) получение зависимости текущего положения поршня гидропневмоаккумулятора от давления;

2) получение зависимости отклонения силы прижатия щётки от требуемого значения при вертикальном перемещении щёточного рабочего оборудования от величины полезного объема гидропневмоаккумулятора;

3) получение зависимости отклонения силы прижатия щётки от величины вертикаль-

ного перемещения щёточного рабочего оборудования;

4) получение зависимости отклонения силы прижатия щётки при вертикальном перемещении щёточного рабочего оборудования от величин начального давления зарядки и максимального давления гидропневмоаккумулятора;

5) обоснование рационального соотношения дополнительного объема для газа и полезного объема гидропневмоаккумулятора.

## 3. Методика

В [12] приведены уравнения, выражающие зависимость текущего давления на выходе гидропневмоаккумулятора  $P_{зна}$  от текущего положения поршня  $Z_k$ , а также зависимость текущего положения поршня гидропневмоаккумулятора от давления на его выходе:

$$P_{зна} = \frac{P_0 \cdot \left( L_a + \frac{L_a}{\sqrt[n]{\frac{P_{max}}{P_0} - 1}} \right)^n}{\left( L_a - Z_k + \frac{L_a}{\sqrt[n]{\frac{P_{max}}{P_0} - 1}} \right)^n}; \quad (1)$$

$$Z_k = \left( L_a + \frac{L_a}{\sqrt[n]{\frac{P_{max}}{P_0} - 1}} \right) \cdot \left( 1 - \sqrt[n]{\frac{P_0}{P_{зна}}} \right), \quad (2)$$

где  $P_{зна}$  – текущее давление на выходе гидропневмоаккумулятора, МПа;  $P_{max}$  – максимальное давление в гидропневмоаккумуляторе, МПа;  $L_a$  – полный ход поршня, м;  $Z_k$  – текущее положение поршня, м;  $L_0$  – размер газовой полости, м;  $n$  – показатель политропы;  $P_0$  – давление предварительной зарядки гидропневмоаккумулятора, МПа.

Объем рабочей жидкости, подаваемый гидропневмоаккумулятором в полость гидроцилиндра или выдавливаемый из нее, в

соответствии с рис. 1, можно определить при помощи зависимости [12]:

$$Q_{np} = Z_k \cdot \pi \cdot \frac{D_n^2}{4}, \quad (3)$$

где  $D_n$  – диаметр поршня гидропневмоаккумулятора, м.

Требуемое давление на выходе гидропневмоаккумулятора для получения необходимого усилия прижатия щётки к очищаемой поверхности можно рассчитать по формуле

$$P_{zna} = \frac{m_{щро} \cdot g \cdot F_{np} \cdot k_{nod}}{S_{ум} \cdot 10^6}, \quad (4)$$

где  $P_{zna}$  – давление на выходе гидропневмоаккумулятора, МПа;  $m_{щро}$  – масса щёточного рабочего оборудования, кг;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $F_{np}$  – требуемое усилие прижатия щётки к очищаемой поверхности, Н;  $k_{nod}$  – передаточный коэффициент подвески щёточного рабочего оборудования;  $S_{ум}$  – площадь поршня гидроцилиндра со стороны штоковой полости, м<sup>2</sup>.

Перемещение поршня гидропневмоаккумулятора при наезде щёткой на выпуклость на очищаемой поверхности можно найти по формуле

$$\Delta Z_k = \frac{\Delta Y_{щро} \cdot L_a \cdot S_{ум}}{k_{nod} \cdot \left( \frac{V_{zna}}{1000} \right)}, \quad (5)$$

где  $\Delta Z_k$  – перемещение поршня, м;  $\Delta Y_{щро}$  – вертикальное перемещение оси цилиндрической щётки, м;  $V_{zna}$  – полезный объём гидропневмоаккумулятора, л.

Новое положение поршня гидропневмоаккумулятора после его перемещения:

$$Z_{k\ now} = Z_k - \Delta Z_k, \quad (6)$$

где  $Z_{k\ now}$  – положение поршня гидропневмоаккумулятора после вертикального перемещения щёточного рабочего оборудования, м;  $Z_k$  – первоначальное положение поршня гидропневмоаккумулятора при требуемом давлении на его выходе, м.

Для нового положения поршня  $Z_{k\ now}$  рассчитывается давление на выходе гидропневмоаккумулятора  $P_{zna\ now}$  по формуле (1). Далее определяется новое усилие прижатия по формуле

$$F_{np\ now} = m_{щро} \cdot g - \frac{P_{zna\ now} \cdot S_{ум} \cdot 10^6}{k_{nod}}, \quad (7)$$

где  $F_{np\ now}$  – новое усилие прижатия, Н.

Изменение силы прижатия щётки к очищаемой поверхности при её наезде на выпуклость:

$$\Delta F_{np} = F_{np\ now} - F_{np}. \quad (8)$$

#### 4. Результаты

Произведены необходимые расчеты и построены графические зависимости изменения силы прижатия цилиндрической щётки к очищаемой поверхности при вертикальном перемещении щёточного рабочего оборудования вследствие наезда щёткой на выпуклость от параметров гидропневмоаккумулятора. В качестве примера все расчеты произведены для щёточного рабочего оборудования модели МК-1, работающего в составе коммунальной машины на базе трактора МТЗ-82.1. В конструкцию рассмотренного щёточного рабочего оборудования входит цилиндрическая щётка номинальным диаметром  $d_{щ} = 0,55$  м с ворсом из полимерного материала. Как показали результаты предыдущих исследований [8], рациональное усилие прижатия для рассмотренной неизношенной щётки составляет  $F_{np} = 1427$  Н, при этом ширина пятна контакта щётки с очищаемой поверхностью  $X_k = 0,1$  м [6, 8]. Рассчитанное по формуле 4 давление для обеспечения необходимой силы прижатия составило  $P_{zna} = 3,3$  МПа. При расчетах износ щёточного ворса не учитывался.

Зависимость изменения усилия прижатия щётки к очищаемой поверхности  $\Delta F_{np}$  от полезного объема гидропневмоаккумулятора  $V_{zna}$  для различных значений максимального давления на его выходе  $P_{max}$  при наезде щёткой на выпуклость и вертикальном перемещении щёточного рабочего оборудования  $\Delta Y_{щро}$  показана на рис. 3. В данном случае при расчетах величина вертикального перемещения щёточного рабочего оборудования была принята равной  $\Delta Y_{щро} = 0,1$  м, величина давления предварительной зарядки гидропневмоаккумулятора  $P_0 = 2,5$  МПа.

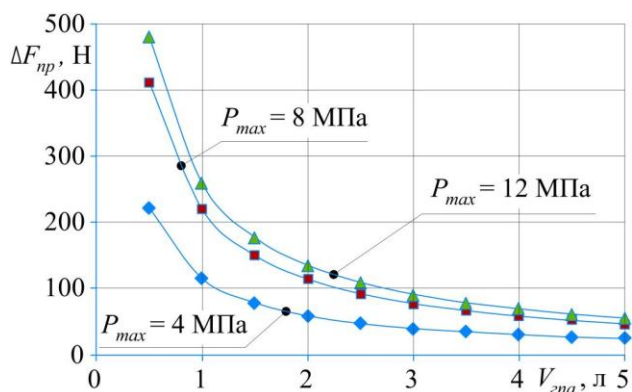


Рис. 3. Изменение усилия прижатия щётки к очищаемой поверхности от полезного объема гидропневмоаккумулятора для различных значений максимального давления на его выходе при вертикальном перемещении щёточного рабочего оборудования

Из графика видно, что с увеличением полезного объема гидропневмоаккумулятора  $V_{zna}$  отклонение силы прижатия щётки к очищаемой поверхности уменьшается  $\Delta F_{np}$ . Так же видно, что на величину изменения силы прижатия оказывает влияние максимальное давление гидропневмоаккумулятора  $P_{max}$ . Чем меньше максимальное давление гидропневмоаккумулятора, тем меньше отклонение силы прижатия. С увеличением полезного объема гидропневмоаккумулятора влияние максимального давления на изменение усилия прижатия снижается. При этом следует отметить, что зависимости  $\Delta F_{np} = f(V_{zna})$  нелинейны. С увеличением величины полезного объема гидропневмоаккумулятора, после достижения определенной величины объема, интенсивность уменьшения отклонения силы прижатия падает.

Зависимость изменения усилия прижатия щётки к очищаемой поверхности  $\Delta F_{np}$  от величины вертикального перемещения щёточного рабочего оборудования  $\Delta Y_{щро}$  при наезде щёткой на выпуклость для различных значений полезного объема гидропневмоаккумулятора  $V_{zna}$  показана на рис. 4. В данном случае при расчетах величина давления предварительной зарядки гидропневмоаккумулятора была принята  $P_0 = 2,5$  МПа, величина максимального давления гидропневмоаккумулятора  $P_{max} = 4$  МПа.

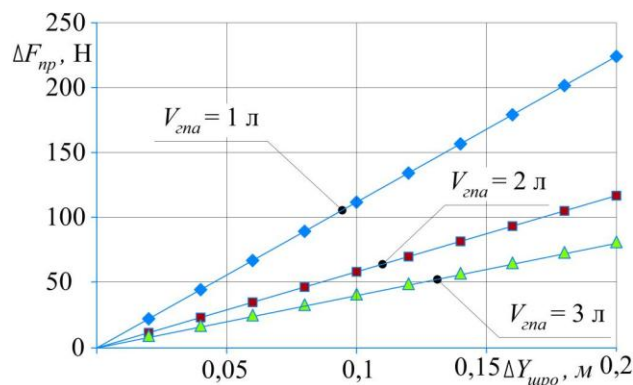


Рис. 4. Изменение усилия прижатия щётки к очищаемой поверхности от вертикального перемещения щёточного рабочего оборудования для различных значений полезного объема гидропневмоаккумулятора

Из графика видно, что с увеличением величины вертикального перемещения щёточного рабочего оборудования  $Y_{щро}$  возрастает отклонение силы прижатия щётки к очищаемой поверхности  $\Delta F_{np}$ . При этом с увеличением рабочего объема гидропневмоаккумулятора происходит снижение влияния вертикального перемещения щёточного рабочего оборудования на силу прижатия.

Зависимость изменения усилия прижатия щётки к очищаемой поверхности  $\Delta F_{np}$  от величины давления предварительной зарядки  $P_0$  при наезде щёткой на выпуклость и вертикальном перемещении щёточного рабочего оборудования для различных значений полезного объема гидропневмоаккумулятора  $V_{zna}$  показана на рис. 5. В данном случае при расчетах величина вертикального перемещения щёточного рабочего оборудования была принята равной  $\Delta Y_{щро} = 0,1$  м, величина максимального давления гидропневмоаккумулятора  $P_{max} = 4,0$  МПа.

Из графика видно, что с увеличением значения давления предварительной зарядки  $P_0$  происходит снижение изменения усилия прижатия щётки к очищаемой поверхности  $\Delta F_{np}$ . Зависимости  $\Delta F_{np} = f(P_0)$  нелинейные. При этом с увеличением полезного объема гидропневмоаккумулятора  $V_{zna}$  происходит снижение влияния изменения давления предварительной зарядки на силу прижатия.

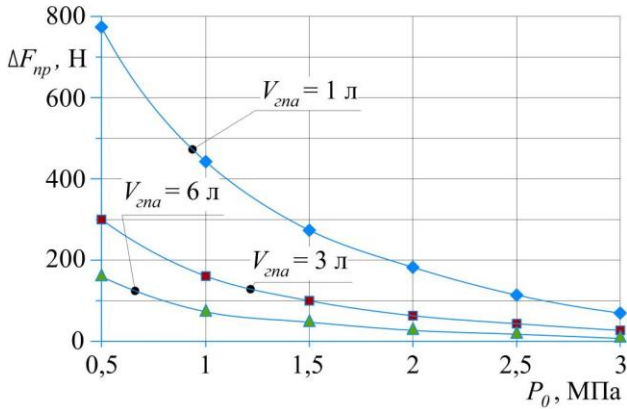


Рис. 5. Изменение усилия прижатия щётки к очищаемой поверхности от величины давления предварительной зарядки при наезде щёткой на выпуклость для различных значений объема гидропневмоаккумулятора

Зависимость изменения усилия прижатия щётки к очищаемой поверхности  $\Delta F_{np}$  от величины максимального давления гидропневмоаккумулятора  $P_{max}$  при наезде щёткой на выпуклость и вертикальном перемещении щёточного рабочего оборудования для различных значений полезного объема гидропневмоаккумулятора  $V_{zna}$  показана на рис. 6. В данном случае при расчетах величина вертикального перемещения щёточного рабочего оборудования была принята равной  $\Delta Y_{щро} = 0,1$  м, величина давления предварительной зарядки гидропневмоаккумулятора  $P_0 = 2,5$  МПа.

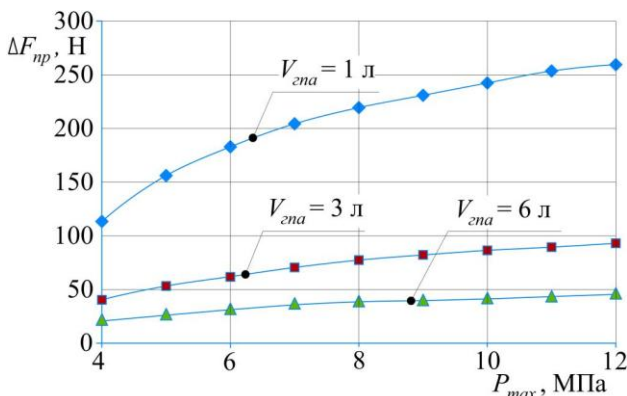


Рис. 6. Изменение усилия прижатия щётки к очищаемой поверхности от максимального давления гидропневмоаккумулятора при наезде щёткой на выпуклость для различных значений полезного объема гидропневмоаккумулятора

Из графика видно, что с увеличением значения максимального давления  $P_{max}$  происходит возрастание изменения усилия прижатия щётки к очищаемой поверхности  $\Delta F_{np}$ . Зависимости  $\Delta F_{np} = f(P_{max})$  нелинейные. При этом с увеличением полезного объема гидропневмоаккумулятора  $V_{zna}$  происходит снижение влияния изменения максимального давления на силу прижатия.

Исходя из полученной информации, можно сделать вывод, что для минимизации изменения усилия прижатия щётки при её наезде на неровности очищаемой поверхности можно увеличивать полезный объем гидропневмоаккумулятора  $V_{zna}$ , увеличивать давление предварительной зарядки гидропневмоаккумулятора  $P_0$ , уменьшать максимальное давление гидропневмоаккумулятора  $P_{max}$ . При этом следует отметить, что с увеличением полезного объема гидропневмоаккумулятора происходит уменьшение влияния изменения  $P_0$  и  $P_{max}$  на изменение силы прижатия щётки.

Увеличение полезного объема гидропневмоаккумулятора  $V_{zna}$  связано с увеличением его стоимости и массы, а так же объема рабочей жидкости в гидравлическом контуре. Увеличивать давление предварительной зарядки  $P_0$  можно лишь до определенного предела, при котором во время работы устройства управления не будет происходить контакт поршня и крышки цилиндра гидропневмоаккумулятора. Уменьшить значение максимального давления гидропневмоаккумулятора  $P_{max}$  возможно за счет подключения к его газовой полости дополнительного объема  $V_{дон}$  (рис. 7).

Для расчетной схемы (рис. 7) можно записать уравнения:

$$P_0 \cdot (V_{дон} + V_{газ} + V_{зна})^n = P_{max} \cdot (V_{дон} + V_{газ})^n \quad (9)$$

$$\frac{P_{max}}{P_0} = \left( \frac{V_{дон} + V_{газ} + V_{зна}}{V_{дон} + V_{газ}} \right)^n \quad (10)$$

$$\frac{P_{max}}{P_0} = \left( 1 + \frac{V_{зна}}{V_{дон} + V_{газ}} \right)^n \quad (11)$$

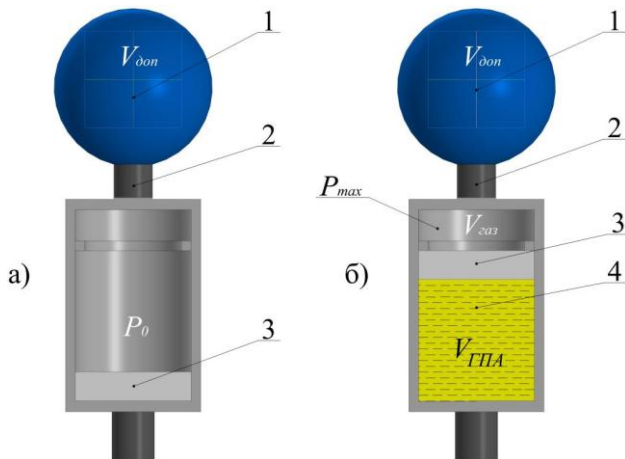


Рис. 7. Расчетная схема гидропневмоаккумулятора с дополнительным газовым объемом:

- а) гидропневмоаккумулятор в разряженном состоянии; б) гидропневмоаккумулятор в полностью заряженном состоянии  
 (1 – дополнительная секция с газом;  
 2 – штуцер; 3 – поршень;  
 4 – рабочая жидкость)

$$\text{Обозначив } \frac{P_{max}}{P_0} = a, \frac{V_{don}}{V_{zna}} = b, \frac{V_{gaz}}{V_{zna}} = c,$$

уравнение (11) можно записать в виде:

$$a = \left(1 + \frac{1}{b+c}\right)^n. \quad (12)$$

Графическая зависимость  $a = f(b)$ , при разных значениях  $c$  приведена на рис. 8.

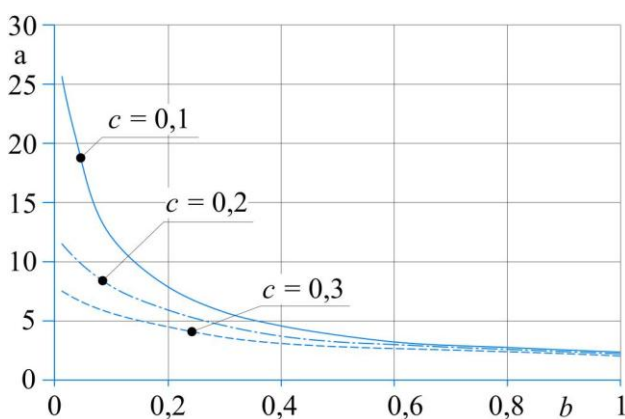


Рис.8. Зависимость  $a = f(b)$ , при разных значениях  $c$

Из графика видно, что с увеличением значения коэффициента  $b$  происходит уменьшение величины коэффициента  $a$ . Так же видно, что на величину коэффициента  $a$  оказывает влияние значение коэффициента  $c$ .

Чем больше значение коэффициента  $c$ , тем меньше влияние коэффициента  $b$  на коэффициент  $a$ . Зависимости  $a = f(b)$  нелинейные. С увеличением величины коэффициента  $b$ , после достижения им определенного значения, интенсивность уменьшения коэффициента  $a$  падает. Так при  $c = 0,1$  после достижения значения коэффициента  $b \approx 0,4$  при дальнейшем его увеличении, значение коэффициента  $a$  изменяется незначительно, т.е. в этом случае увеличивать объем дополнительной газовой полости  $V_{don}$  более чем 40% от полезного объема гидропневмоаккумулятора  $V_{zna}$  нерационально.

## 5. Заключение

В статье рассмотрено влияние основных параметров гидропневмоаккумулятора на величину изменения усилия прижатия цилиндрической щётки к очищаемой поверхности при изменении вертикальной координаты щёточного рабочего оборудования.

Получены графические зависимости отклонения силы прижатия щётки при вертикальном перемещении щёточного рабочего оборудования от величины полезного объема гидропневмоаккумулятора. С увеличением полезного объема гидропневмоаккумулятора отклонение силы прижатия щётки к очищаемой поверхности уменьшается.

Получены графические зависимости отклонения силы прижатия щётки от величины вертикального перемещения щёточного рабочего оборудования. С увеличением величины вертикального перемещения возрастает отклонение силы прижатия щётки к очищаемой поверхности.

Получены графические зависимости отклонения силы прижатия щётки при вертикальном перемещении щёточного рабочего оборудования от величин начального давления зарядки и максимального давления гидропневмоаккумулятора. С увеличением значения давления предварительной зарядки происходит снижение изменения усилия прижатия щётки к очищаемой поверхности. С увеличением значения максимального давления происходит возрастание изменения усилия прижатия щётки к очищаемой поверхности.



Для снижения изменения усилия прижатия щётки к очищаемой поверхности возможно уменьшить значение максимального давления гидropневмоаккумулятора за счет подключения к его газовой полости дополнительного объема. Получены графические зависимости отношения максимального давле-

ния к начальному давлению зарядки гидropневмоаккумулятора и отношения дополнительного газового объема к полезному объему. Обосновано рациональное соотношение дополнительного объема для газа и полезного объема гидropневмоаккумулятора.

### Список литературы

1. Цехош С.И. Совершенствование системы управления коммунальной машины // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2018. Т.15. №2(60). С. 207-216.

2. Xue C., Hu Y. The main cleaning system design of garbage sweeper // *Advanced Materials Research*. 2014. Vol. 945-949. P. 257-260. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.945-949.257.

3. Yang Q.L., Zhou Y., Ying K.M., Li R.B., Wang X. Study on Cleaning Performant of Small Road Sweeper Vehicle // *Proceedings of the 3 international conference on electrical, automation and mechanical engineering*. 2018. Vol. 127. P. 194–198. DOI: 10.2991/eame-18.2018.41.

4. Зедгенизов В.Г., 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 (98). С. 44-49.

5. Лепеш А.Г. Функционирование и ресурс щеток коммунальной уборочной техники // Вестник Российской академии естественных наук. 2011. № 4. С. 128-130.

6. Лепеш, Г.В., Лепеш А.Г., Кузнецова А.Д. Обоснование выбора параметров рабочего процесса подметального агрегата коммунальной уборочной техники // Вестник Российской академии естественных наук. 2012. № 2. С. 192-194.

7. Tsekhosh S. I., Ignatov S. D., Demidenko A. I., Kvasov I. N. Increasing the life of the brush working equipment of a utility vehicle by using a device to control its position // *Journal of Physics: Conference Series: Electronic collection*, 2020, Vol. 1546, pp.

### References

1. Tsekhosh S.I. Improving the control system of the communal machine. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobilno-dorozhnogo universiteta*, 2018, Vol. 15, No. 2(60), pp. 207-216. (In Russian)

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. Yang Q.L., Zhou Y., Ying K.M., Li R.B., Wang X. Study on Cleaning Performant of Small Road Sweeper Vehicle. *Proceedings of the 3 international conference on electrical, automation and mechanical engineering*, 2018, Vol. 127, pp. 194–198. DOI: 10.2991/eame-18.2018.41.

4. Zedgenizov V.G. Kuksov M.P. Determination of rational modes of operation of a small-sized communal machine for summer maintenance of yard areas using mathematical modeling. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2015, No. 3(98), pp. 44-49. (In Russian)

5. Lepesh A.G. Functioning and resource of brushes of municipal cleaning equipment. *Vestnik Rossiyskoy akademii yestestvennykh nauk*, 2011, No. 4, pp. 128-130. (In Russian)

6. Lepesh G.V., Lepesh A.G., Kuznetsova A.D. Justification of the choice of parameters of the working process of the sweeping unit of municipal cleaning equipment. *Vestnik Rossiyskoy akademii yestestvennykh nauk*, 2012, No. 2, pp. 192-194. (In Russian)

7. Tsekhosh S. I., Ignatov S. D., Demidenko A. I., Kvasov I. N. Increasing the life of the brush working equipment of a utility vehicle by using a device to control its position. *Journal of Physics: Conference Series: Electronic collection*, 2020, Vol. 1546, pp.

tronic collection. 2020. Vol. 1546. P. 012143  
DOI: 10.1088/1742-6596/1546/1/ 012143

8. Цехош С.И., Журавский Б.В., Цехош П.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 // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2021. Т. 18. № 1 (77). С. 106-119. DOI: 10.26518/2071-7296-2021-18-1-106-119

9. Tsekhosh S. I., Ignatov S. D., Zanin A.V., Kvasov I. N. Dynamics: of utility machines with brush-working equipment // Journal of Physics: Conference Series: Electronic collection. 2020. Vol. 1441. P. 012122. DOI:10.1088/1742-6596/1441/1/012122

10. Пат. 190156 Рос. Федерация: МПК F15B9/08. Коммунальная машина / Щербаков В.С., Игнатов С.Д., Цехош С.И. № 2018144870, заявл. 17.12.2018; опубл. 21.06.19. Бюл. № 18.

11. Пат. 207667 Рос. Федерация, МПК E01H 1/02. Коммунальная машина / Цехош С.И., Игнатов С.Д., Щербаков В.С. № 2021119383, заявл. 02.07.2021; опубл. 10.11.2021. Бюл. №31.

12. Журавский Б.В., Цехош П.И., Цехош С.И. Применение гидроаккумулятора в составе устройства управления положением щеточного рабочего оборудования коммунальной машины // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации. Сб. мат. VI Междунар. научно-практ. конф. Омск: СибАДИ, 2021. С. 67–71.

012143 DOI:10.1088/1742-6596/1546/1/012143

8. Tsekhosh S.I., Zhuravskiy B.V., Tsekhosh P.I. Investigation of the influence of wear of a cylindrical brush on its elastic characteristic, on the required pressing force and on the pressure at the outlet of the hydropneumatic accumulator of the device for controlling the position of the brush working body. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobilno-dorozhnogo universiteta*, 2021, Vol. 18, No. 1(77), pp. 106-119. DOI: [https://doi.org/ 10.26518/2071-7296-2021-18-1-106-119](https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-1-106-119) (In Russian)

9. Tsekhosh S. I., Ignatov S. D., Zanin A.V., Kvasov I. N. Dynamics: of utility machines with brush-working equipment. *Journal of Physics: Conference Series: Electronic collection*, 2020. Vol. 1441, pp. 012122. DOI:10.1088/1742-6596/1441/1/012122

10. Patent RU 190156. *Kommunalnaya mashina* [The communal machine]. Sherbakov V.S., Ignatov S.D., Tsekhosh S.I. Declared 17.12.2018. Published 21.06.2019. Bulletin No. 18. (In Russian)

11. Patent RU 207667. *Kommunalnaya mashina* [The communal machine]. Tsekhosh S.I., Ignatov S.D., Sherbakov V.S. Declared 02.07.2021. Published 10.11.2021. Bulletin No. 31. (In Russian)

12. Zhuravskiy B.V., Tsekhosh P.I., Tsekhosh S.I. The use of a hydraulic accumulator as part of a device for controlling the position of the brush working equipment of a communal machine. *Sbornik materialov 6 Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Ar-khitekturno-stroitelnyy i dorozhno-transport-nyy komplekxy: problemy, perspektivy, innovatsii* [Proceedings of the 6 International Scientific and Practical Conference]. Omsk, SibADI, 2021, pp. 67-71. (In Russian)