

УДК 658.512.2

10.18503/2222-9396-2016-6-2-39-45

МЕТОДИКА ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЁТОВ ПАРАМЕТРОВ НАВЕСНОГО ПОДМЕТАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ МАШИНЫ НА ОСНОВЕ МУСОРОВОЗА

Березюк О.В.¹¹Винницкий национальный технический университет, Украина

Аннотация

Предложена научно-обоснованная методика проектного расчёта навесного подметального оборудования экологической машины на базе мусоровоза, с использованием группового гидропривода с последовательным соединением гидромоторов. Отдельные зависимости основных параметров навесного подметального оборудования машины получены на основе численного и аналитического исследований полной и упрощённой математической модели. С целью автоматизации расчёта параметров навесного подметального оборудования мусоровоза разработана блок-схема алгоритма этого расчёта. Предложенная методика позволила рассчитать основные параметры разработанных новых конструкций мусоровозов с расширенными функциональными возможностями, позволяющими повысить эффективность использования коммунальными службами машин для благоустройства городских территорий. Получены основные геометрические, силовые и скоростные параметры навесного подметального оборудования экологической машины на базе мусоровоза.

Ключевые слова: уборочная машина, мусоровоз, навесное оборудование, твёрдые отходы, методика инженерных расчётов.

Введение

На сегодняшний день твёрдые отходы угрожают безопасности окружающей среды и здоровью людей [1-6]. Для решения этой проблемы городские коммунальные службы проводят сбор и вывоз твёрдых бытовых отходов с использованием мусоровозов [7-10], а также подметают улицы, дороги и тротуары при помощи подметально-уборочных машин [11-16].

Эксплуатация подметально-уборочных машин недостаточно эффективна вследствие низкого коэффициента загрузки, поскольку такие машины используются в течение года периодически [17]. Большую часть времени уборка улиц и тротуаров выполняется дворниками, зачастую работающими во вредных условиях.

В соответствии с Программой [18], обеспечение применения современных высокоэффективных мусоровозов в коммунальном хозяйстве Украины является актуальной научно-технической задачей. В частности, актуальной является проблема разработки новых конструкций мусоровозов с расширенными функциональными возможностями на основе методик инженерных расчётов их основных параметров.

В настоящей работе предлагается комплексное решение данной проблемы на основе разработки и использования навесного подметального оборудования на базе мусоровоза. Такое решение позволит расширить функциональные возможности мусоровозов и значительно снизить расходы коммунальных служб. Особую актуальность данное решение представляет для небольших городов и поселков городского типа, где содержание нескольких коммунальных машин, выполняющих разные функции, составляет значительную долю затрат в местном бюджете.

Анализ публикаций

В работе [19] представлена математическая модель группового гидропривода с последовательным соединением гидромоторов навесного подметального оборудования (НПО) новой экологической машины на базе мусоровоза. Данная машина предназначена для очистки улиц и тротуаров населённых пунктов от твёрдых отходов [20]. Модель группового гидропривода представляет собой систему существенно нелинейных дифференциальных уравнений, которая не может быть решена известными аналитическими методами в допустимых границах погрешности. В статье [21] представлено описание упрощённой математической модели привода НПО, её аналитическое решение, а также зависимости основных силовых и кинематических характеристик гидропривода НПО мусоровоза в установившемся режиме работы. Модель и зависимости могут быть использованы при проектировании новых конструкций мусоровозов с расширенными функциональными возможностями. В работе [22] приведена имитационная модель функционирования подметального агрегата коммунальной уборочной машины.

Целью настоящего исследования является разработка методики выполнения проектных расчётов новых конструкций мусоровозов с расширенными функциональными возможностями.

Результаты исследования

Для проектирования НПО с гидравлическим приводом целесообразно разработать методику инженерного расчёта основных звеньев привода, позволяющую получить основные его геометрические, силовые и скоростные параметры. В основу методики положены следующие предположения:

- смёт относится к категории грузов, перемещающихся сравнительно легко;
- смёт не относится к кусковым материалам, учитывая размер его частиц;
- при последовательном соединении гидромоторов, перепад давлений на каждом гидромоторе распределяется прямо пропорционально мощности гидромоторов.

Принятые предположения позволяют, не рассматривая дифференциальные уравнения движения исполнительных органов и расходов рабочей жидкости, предварительно определить основные параметры НПО, которые затем можно уточнить при анализе динамики НПО в условиях его работы в составе конкретной коммунальной машины.

Принципиальная расчётная схема НПО показана на рис. 1. На схеме используются следующие условные обозначения: $n_{щ}$, $M_{крщ}$, $P_{щ}$, R – соответственно частота вращения, крутящий момент, мощность и радиус вращения щётки; $n_{ш}$, $M_{крш}$, $P_{ш}$, $l_{ш}$, D – соответственно, частота вращения, крутящий момент, мощность, длина и диаметр шнека; t – шаг винта; d – диаметр вала шнека; β – угол наклона шнекового транспортёра; γ – угол наклона ворса; v_m – рабочая скорость машины при подметании; S – свободная длина ворса; R_B – радиус барабана цилиндрической щётки; h – деформация ворса щётки; y_k – расстояние между ободом барабана и горизонтальной поверхностью дороги; B_M – ширина полосы подметания; Δp_{M1} , Δp_{M2} – соответственно, перепады давления при установившемся

движении в гидромоторах щётки и шнека; q_{M1} , q_{M2} – соответственно, рабочие объёмы гидромоторов щётки и шнека; Q_{M1} , Q_{M2} – соответственно, расходы рабочей жидкости в гидромоторах щётки и шнека.

Основные параметры гидродвигателей определяют исходя из кинематической схемы машины и наличия промежуточных звеньев между рабочими и исполнительными органами. Заданные скорости и нагрузка на рабочих органах машины должны быть отнесены расчётным путём к соответствующим параметрам выбранных гидродвигателей. Основными условиями правильного выбора гидромоторов являются: обеспечение рабочими органами машины необходимых крутящего момента $M_{кр}$ и частоты вращения n ; соответствие отмеченных в технической характеристике гидродвигателей нагрузок потребным нагрузкам [23].

Физические свойства щётки НПО определяются по табл. 1, в соответствии с материалом ворса щётки.

Радиус вращения щётки R определяется по формуле

$$R = S + R_B, \quad (1)$$

где $S = 70-160$ мм – свободная длина ворса [24]; R_B – радиус барабана цилиндрической щётки.

Минимально-допустимое значение частоты вращения щётки $n_{щ}$ вычисляется по формуле

$$n_{щ} = \frac{60v_m}{\pi R \sin \gamma}, \quad (2)$$

где $v_m = 0.7-6$ м/с – рабочая скорость машины при

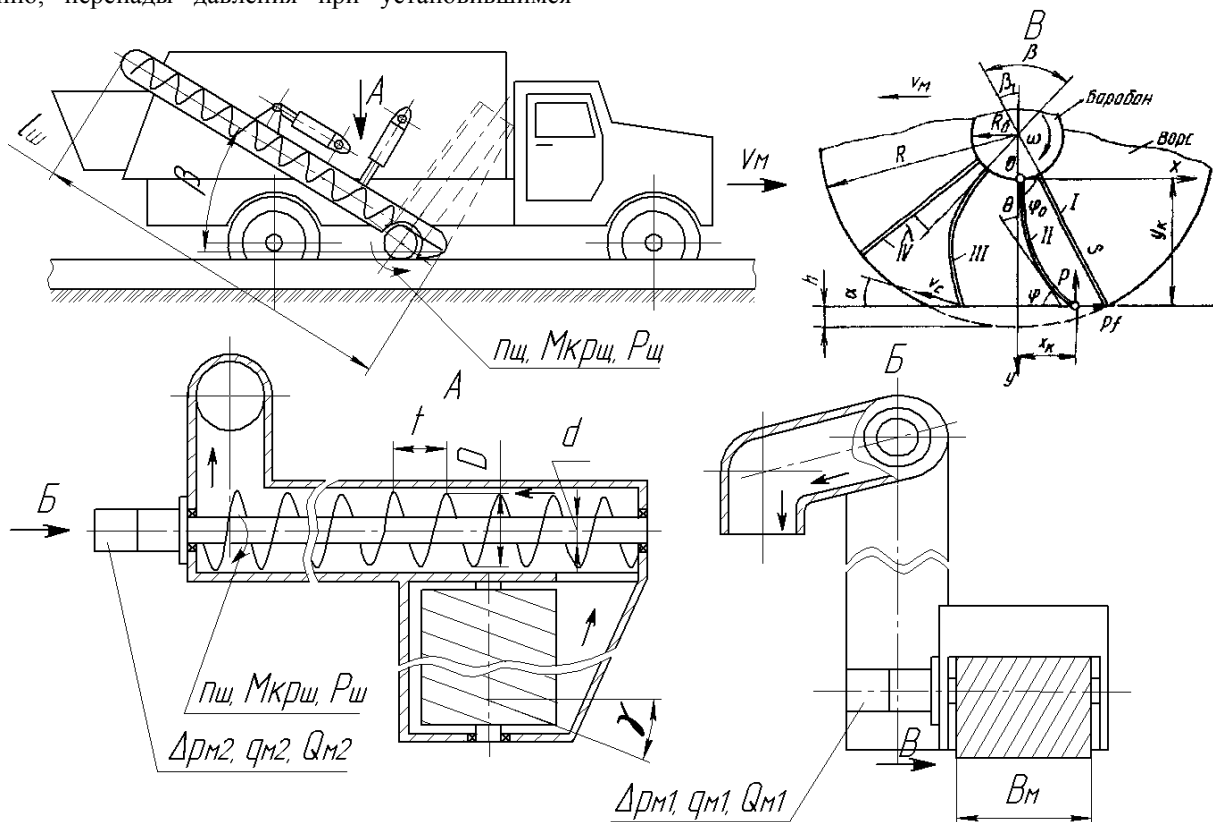


Рис. 1. Принципиальная расчётная схема навесного подметального оборудования

подметании [24]; γ – угол наклона ворса.

Таблица 1
Физические свойства материалов, используемых для щётки навесного подметального оборудования [24-26]

| Материал | Коэффициент трения о дорожное покрытие, f_B | Модуль упругости E , МПа |
|--------------------------|---|----------------------------|
| Высокоуглеродистая сталь | 0.34 | 2.1·10 ⁵ |
| Малоуглеродистая сталь | 0.4 | 2.1·10 ⁵ |
| Синтетика | 0.41 | (7.1-8.0)·10 ³ |
| Полипропилен | 0.2-0.3 | (1.3-1.45)·10 ³ |

Расстояние между ободом барабана и горизонтальной поверхностью дороги

$$y_K \geq 0.85S. \quad (3)$$

Значение деформации ворса щётки h определяется по формуле

$$h = S - y_K. \quad (4)$$

Общее число прутков ворса цилиндрической щётки $i_{щ}$ определяется из условия перекрытия следов ворса на дорожном покрытии как по ширине щётки, так и в радиальной плоскости вращения

$$i_{щ} = \frac{11.54B_M K_P v_M}{\arccos\left(\frac{y_K + R_B}{R}\right) r_B n_{щ} R}, \quad (5)$$

где B_M – ширина полосы подметания; $K_P = 2-2.5$ – коэффициент неравномерности расположения ворса на образующей поверхности барабана щётки [24]; r_B – радиус поперечного сечения прутка ворса.

Момент инерции J поперечного сечения прутка относительно оси, перпендикулярной к плоскости вращения, вычисляется по формуле

$$J = \frac{\pi I_B^4}{4}. \quad (6)$$

Суммарная вертикальная реакция ворса F определяется по формуле [21]

$$F = 0.17EJ \frac{S^6}{y_K^8} i_{щ} \arccos\left(\frac{y_K + R_B}{R}\right), \quad (7)$$

где E – модуль упругости материала ворса (табл. 1).

Мощность привода цилиндрической щётки $P_{щ}$ находится по формуле

$$P_{щ} = \frac{\pi F f_B (R - h) n_{щ} K_{зан}}{30000 \eta_{щ}}, \quad (8)$$

где f_B – коэффициент трения материала ворса о дорожное покрытие (табл. 1); $K_{зан} = 1.1$ – коэффициент запаса мощности для преодоления инерционных сил в неустановившемся режиме движения, сил деформации ворса и аэродинамического сопротивления [24]; $\eta_{щ}$ – коэффициент полезного действия (КПД) привода цилиндрической щётки.

Крутящий момент на валу цилиндрической щётки определяется по формуле

$$M_{кр_{щ}} = 9550 \frac{P_{щ}}{n_{щ}}. \quad (9)$$

Необходимая производительность шнекового транспортёра Q определяется по формуле

$$Q = q_m B_M v_M, \quad (10)$$

где $q_m = 0.1$ кг/м² – количество загрязнения на единицу площади дорожного покрытия [24].

Значение поправочного коэффициента C определяется по формуле

$$C = 1 - \frac{\beta}{50}, \quad (11)$$

где β – угол наклона шнекового транспортёра.

Диаметр шнека D вычисляется по формуле

$$D = \left(\frac{0.4384Q}{\psi \rho_s C} \sqrt{\frac{f_K}{g \cdot \operatorname{tg}(\alpha - \beta + \operatorname{arctg}(f_z))}} \right)^{0.4}, \quad (12)$$

где α – угол подъёма винтовой линии; f_K – коэффициент трения частицы о кожух транспортера; f_z – коэффициент трения частицы о винт транспортера; $\psi = 0.125$ – коэффициент наполнения [27]; $\rho_s = 1.4 \cdot 10^3$ кг/м³ – плотность смёта [24]; $g = 9.8$ м/с² – ускорение свободного падения.

В соответствии с ГОСТ 2037-75 выбираем стандартное значение D , округлив расчётную величину в большую сторону.

Шаг винта t принимается равным диаметру D [27].

Для создания необходимой центробежной силы, шнек должен иметь довольно большую частоту вращения $n_{щ}$. Необходимо рассчитать минимально допустимое (критическое) значение частоты вращения шнека, необходимое для транспортировки груза вверх по формуле [27]

$$n_{щ} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{2g}{D f_K} \operatorname{tg}(\alpha - \beta + \operatorname{arctg}(f_z))}. \quad (13)$$

Крутящий момент на валу шнекового транспортёра $M_{кр_{ш}}$ вычисляется по формуле

$$M_{кр_{ш}} = \frac{\pi^3 D^4}{4} l_{ш} \rho_s n_{щ} f_K, \quad (14)$$

где $l_{ш}$ – длина шнекового транспортёра.

Максимальная продольная сила F , действующая на вал шнека, определяется по формуле [27]

$$F = \frac{2M_{кр_{ш}}}{kD \cdot \operatorname{tg}(\alpha - \beta + \operatorname{arctg}(f_r))}, \quad (15)$$

где $k = 0.7-0.8$ – коэффициент диаметра шнека.

Исходя из условий прочности на кручения под действием крутящего момента $M_{кр_{ш}}$ и на изгиб под действием изгибающего момента $kFD/2$, диаметр вала шнека вычисляется по формуле

$$d = \sqrt[3]{\frac{32M_{кр_{ш}} + 8kFD}{\pi[\sigma]}}, \quad (16)$$

где $[\sigma] = 90$ МПа – допустимое напряжение.

Необходимая мощность привода шнека определяется по формуле

$$P_{ш} = \frac{2\pi n_{ш} M_{кр_{ш}}}{60000 \eta_{ш}}, \quad (17)$$

где $\eta_{ш}$ – КПД привода шнека.

Основными параметрами гидромоторов являются их рабочий объём q_M , перепад давления Δp_M при уста-

новившемся движении, а производным параметром – расход рабочей жидкости, поступающей в гидромотор Q_M .

Рабочий объем гидромоторов q_{M1} , q_{M2} определяется по формулам, полученным на основе аналитического решения упрощённой математической модели привода рабочих органов НПО [21]:

$$q_{M1} = \frac{30Q_H + \sqrt{900Q_H^2 - 120\pi n_{ш} M_{КРш} \sigma}}{n_{ш}}; \quad (18)$$

$$q_{M2} = \frac{30\left(Q_H - \frac{2\pi M_{КРш} \sigma}{q_{M1}}\right) + \sqrt{900\left(Q_H - \frac{2\pi M_{КРш} \sigma}{q_{M1}}\right)^2 - 120\pi n_{ш} M_{КРш} \sigma}}{n_{ш}}, \quad (19)$$

где $\sigma = 9.24 \cdot 10^{-11} \text{ м}^5/\text{Н}\cdot\text{с}$ – коэффициент перетекания рабочей жидкости.

В соответствии с ГОСТ 13824-68 выбираются стандартные значения q_{M1} , q_{M2} путём округления в большую сторону расчётных значений.

Определяются перепады давления на каждом из гидромоторов по формулам:

$$\Delta p_{M1} = \frac{2\pi M_{КРш}}{q_{M1}}; \quad (20)$$

$$\Delta p_{M2} = \frac{2\pi M_{КРш}}{q_{M2}}. \quad (21)$$

Расходы рабочей жидкости в каждом из гидромоторов Q_{M1} , Q_{M2} вычисляются по формулам [23]:

$$Q_{M1} = \frac{q_{M1} n_{ш}}{\eta_{VM}}; \quad (22)$$

$$Q_{M2} = \frac{q_{M2} n_{ш}}{\eta_{VM}}, \quad (23)$$

где η_{VM} – объёмный КПД гидромотора.

Расходы рабочей жидкости Q_{M1} , Q_{M2} не должны превышать фактическую подачу гидронасоса.

Площадь открытия регулируемого дросселя $S_{ДР}$ можно определить по формуле, полученной из уравнений регрессии результатов численного исследования математической модели привода рабочих органов НПО, приведённой в работе [21]

$$S_{ДР} = \frac{2221}{148,5 - n_{ш}}. \quad (24)$$

В отличие от существующих методик, представленная в данной работе методика инженерных расчётов, позволяет не только определить основные параметры НПО, но и рассчитать параметры его гидропривода как составной части гидропривода мусоровоза, на базе которого и создаётся новая экологическая машина.

С целью автоматизации расчёта параметров НПО мусоровоза разработан алгоритм, блок-схема которого приведена на рис. 2. Параметры НПО, рассчитанные по предлагаемой методике, приведены в табл. 2.

Использование предложенной методики инженерного расчёта НПО позволяет существенно сократить время проектирования, избежать необоснованных расходов на трудоёмкие экспериментальные и теоретические исследования.

Таблица 2

Основные параметры навесного подметального оборудования

| Параметры цилиндрической щётки | | | | | | |
|----------------------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|
| R, мм | u_s , мм | h, мм | $n_{ш}$, об./мин. | $M_{КРш}$, Н·м | $P_{ш}$, кВт | |
| 160 | 100 | 15 | 960 | 68,3 | 6.87 | |
| Параметры шнекового транспортёра | | | | | | |
| D, мм | t, мм | d, мм | $n_{ш}$, об./мин. | $M_{КРш}$, Н·м | $P_{ш}$, кВт | |
| 100 | 100 | 40 | 120 | 261 | 3.64 | |
| Параметры гидропривода | | | | | | |
| Δp_{M1} , МПа | Δp_{M2} , МПа | q_{M1} , см ³ | q_{M2} , см ³ | Q_{M1} , л/мин. | Q_{M2} , л/мин. | $S_{ДР}$, мм ² |
| 5.88 | 3.12 | 100 | 630 | 102.1 | 80.4 | 78 |

Параметры НПО, полученные на основе данных, представленных в табл. 2:

- материал ворса щётки – синтетика;
- свободная длина ворса – 115 мм;
- радиус барабана цилиндрической щётки – 45 мм;
- рабочая скорость машины при подметании – 4 м/с;
- угол наклона ворса – 30°;
- ширина полосы подметания – 2 м;
- коэффициент неравномерности расположения ворса на образующей поверхности барабана щётки – 2;
- радиус поперечного сечения прутка ворса – 1.5 мм;
- модуль упругости материала ворса – $7.5 \cdot 10^3$ МПа;
- коэффициент трения материала ворса о дорожное покрытие – 0.41;
- КПД привода цилиндрической щётки – 0.9;
- угол наклона шнекового транспортёра – 30°;
- угол подъёма винтовой линии – 18°;
- длина шнекового транспортёра – 2.5 м;
- коэффициент диаметра шнека – 0.8;
- КПД привода шнека – 0.9;
- номинальная подача гидронасоса – 115 л/мин.;
- объёмный КПД гидромотора – 0.94.

Заключение

Предложена научно-обоснованная методика проектного расчёта навесного подметального оборудования экологической машины на базе мусоровоза. Методика позволяет рассчитать основные геометрические, силовые и скоростные параметры навесного подметального оборудования, обеспечивающие повышение эффективности использования коммунальными службами машин для благоустройства городских территорий.

Список литературы

1. Hamer G. Solid waste treatment and disposal: effects on public health and environmental safety // Biotechnology Advances. 2003, vol.22, no.1-2. pp.71-79.
2. Buteh D.S., Chindo I.Y., Ekanem E.O., Williams E.M. Impact Assessment of Contamination Pattern of Solid Waste Dumpsites Soil: A Comparative Study of Bauchi Metropolis // World Journal of Analytical Chemistry. 2013, vol.1, no.4. pp. 59-62.
3. Chao Su, LiQin Jiang, WenJun Zhang A review on heavy metal contamination in the soil worldwide: Situation, impact and remediation techniques // Environmental Skeptics and Critics. 2014, no.3(2). pp.24-38.

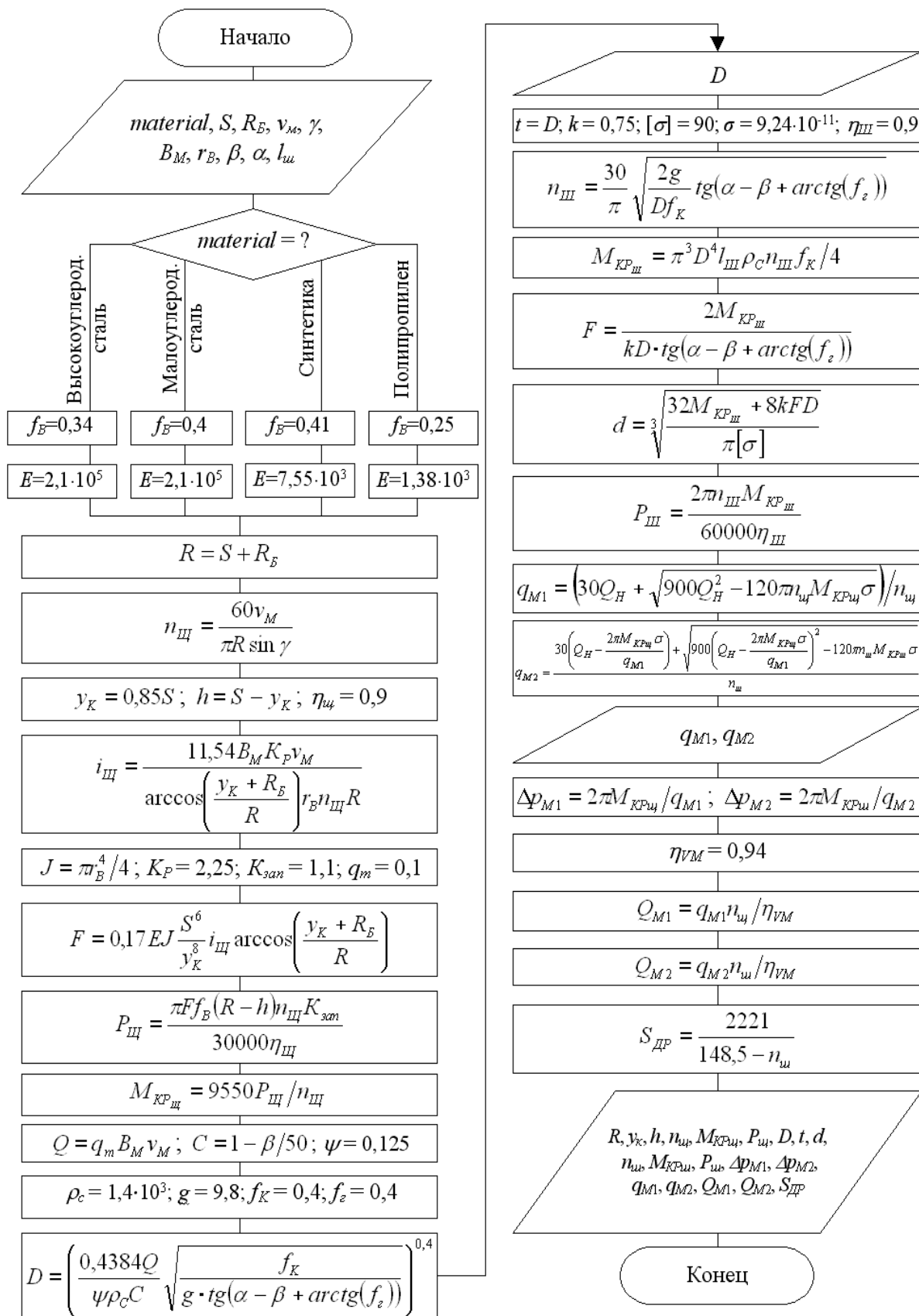


Рис. 2. Блок-схема алгоритма выполнения инженерных расчётов параметров навесного подметального оборудования экологической машины

4. Ayari F., Hamdi H., Jedidi N., Gharbi N., Kossai R. Heavy metal distribution in soil and plant in municipal solid waste compost amended plots // *Int. J. Environ. Sci. Tech.* 2010, no.7(3), pp.465-472.
5. Tripathi A., Misra D.R. A study of physico-chemical properties and heavy metals in contaminated soils of municipal waste dumpsites at Allahabad India // *International Journal Of Environmental Sciences.* 2012. vol.2, no.4, pp. 1-10.
6. Nanda S., Abraham J. Remediation of heavy metal contaminated soil // *African Journal of Biotechnology.* 2013, vol.12, no.21, pp.3099-3109.
7. Yan-ling C.A.O., Li-jun D. Development of After-Loading Compress ion-type Dust Cart for the City // *Equipment Manufacturing Technology.* 2009, no.3. p. 61.
8. А.с. 793891 СССР, МКИ В65F 3/00. Мусоровоз / В.И. Баловнев, Г.М.Белоцерковский, Е.М. Букреев и др. №2794198; заявл. 03.07.79; опубл. 07.01.81, Бюл. 1981. №1.
9. А.с. 1012795 СССР, МКИ В65F 3/20. Устройство для загрузки мусора в кузов мусоровоза / Марсель Колэн (Франция). № 3291952; заявл. 20.05.80; опубл. 15.04.83, Бюл.№ 14.
10. А.с. 1691229 СССР, МКИ В65F 3/20. Механизм привода плиты мусоровоза / И.И.Кравченко. №4621309; заявл. 19.12.88; опубл. 15.11.91, Бюл. №42.
11. А.с. 1634740 СССР, МКИ E01H 1/04. Подметально-уборочная машина / И.И. Кравченко, М.Ф. Павлик. №4676782; заявл. 07.03.89; опубл. 15.03.91, Бюл. №14.
12. А.с. 1557239 СССР, МКИ E01H 1/04. Уборочная машина / В.П.Бакуменко, М.И.Ваил. №4457407; заявл. 11.07.88; опубл. 15.04.90, Бюл.№14.
13. А.с. 1677150 СССР, МКИ E01H 1/02. Рабочий орган подметально-уборочной машины / И.И.Кравченко. №4696722; заявл. 25.05.89; опубл. 15.09.91, Бюл. №34.
14. А.с. 1602922 СССР, МКИ E01H 1/04. Подметально-уборочная машина / А.К.Мелентьев, В.В.Кирич, А. Г. Тихомиров и др. №4620162; заявл. 14.12.88; опубл. 30.10.90, Бюл № 40.
15. А.с. 870567 СССР, МКИ E01H 1/00. Гидравлическая система управления установкой рабочего органа уборочной машины / Р.С.Бурштейн, М.А.Плотко. №2773662; заявл. 28.05.79; опубл. 07.10.81, Бюл. № 37.
16. Дмитриев, А.Ю. Вакуумная подметально-уборочная машина на шасси Scania // *Твердые бытовые отходы.* 2011. № 10. С. 46-47.
17. Савуляк В.И., Березюк О.В. Технічне забезпечення збирання, перевезення та підготовки до переробки твердих побутових відходів: Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. 218 с.
18. Постановление Кабинета Министров Украины від 4 березня 2004 року № 265 «Про затвердження Програми поводження з твердими побутовими відходами». Режим доступа: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=265-2004-%EF>
19. Березюк О.В. Розробка та дослідження нової структури екологічної машини для очистки населених пунктів від твердих відходів // *Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві / Науково-технічний збірник.* Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. С. 92-98.
20. Патент України № 45362, МПК(2009) E01H 1/00. Обладнання прибиральної машини / Березюк О. В.; власник патенту Вінницький національний технічний університет. 200904793; Заявл. 15.05.2009. Одерж. 10.11.2009, Бюл. №21.
21. Berezyuk, O.V. Dynamics of hydraulic drive of hanging sweeping equipment of dust-cart with extended functional possibilities / O.V. Berezyuk, V.I. Savulyak // *Tehnomus Journal, New technologies and products in machine manufacturing technologies.* 2015, no.22. pp. 345-351.
22. Лепеш А.Г. Имитационное моделирование рабочего процесса коммунальной уборочной техники // *Технико-технологические проблемы сервиса.* 2011. №3(17). С.32-41.
23. Васильченко В. А. Гидравлическое оборудование мобильных машин М.: Машиностроение, 1983. 301 с.
24. Баловнев В.И., Ермилов А.Б., Новиков А.Н. и др. Дорожно-строительные машины и комплексы. М.: Машиностроение, 1988. 384с.
25. Лепеш А.Г. Прогнозирование изнашивания щеток коммунальных машин // *Технико-технологические проблемы сервиса.* 2010. №2(12). С.25-34.
26. Лепеш А.Г., Лепеш Г.В., Воронцов И.И. Методика экспериментального определения износостойкости щеточного ворса коммунальной уборочной техники // *Технико-технологические проблемы сервиса.* 2011. №2(16). С.7-19.
27. Сливаковский А.О., Дячков В.К. Транспортирующие машины М.: Машиностроение, 1983. 497 с.

Матеріал надійшов у редакцію 23.06.16

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

THE METHOD OF ENGINEERING PARAMETERS CALCULATIONS OF HANGING SWEEPING EQUIPMENT OF ECOLOGICAL MACHINE ON THE BASIS OF DUST-CART

Berezyuk Oleg Vladimirovich – Ph.D. (Eng.), Associate Professor

Vinnitsa National Technical University, Ukraine. Phone: +38-095-879-02-20. E-mail: berezyukoleg@yandex.ru

Abstract

Scientifically motivated methodic of project computation of hanging sweeping equipment of ecological machine with use of group hydraulic drive with successive compound of hydraulic motors on base dust-cart is offered. Separate dependences of main parameters of hanging sweeping equipment of machine are received on the basis of numeral and analytical researches of full and simplified mathematical models, accordingly, published earlier. For automation of parameters computation of hanging sweeping equipment of dust-cart a algorithm block-chart of this computation is developed. The offered methodic of engineering computations allowed to calculate main parameters of developed new constructions of dust-carts with the extended functional possibilities, allowing raise an use efficiency by the communal services of machines for improvement of urban territories. The main geometrical, power and speed parameters of hanging sweeping equipment of ecological machine on base dust-cart are obtained.

Keywords: harvester, dust-cart, hanging equipment, hard wastes, the method of engineering calculations.

References

1. Hamer G. Solid waste treatment and disposal: effects on public health and environmental safety // *Biotechnology Advances.* 2003, vol.22, no.1-2. pp.71-79.
2. Buteh D.S., Chindo I.Y., Ekanem E.O., Williams E.M. Impact Assessment of Contamination Pattern of Solid Waste Dumpsites Soil: A Comparative Study of Bauchi Metropolis // *World Journal of Analytical Chemistry.* 2013, vol.1, no.4. pp. 59-62.
3. Chao Su, LiQin Jiang, WenJun Zhang A review on heavy metal contamination in the soil worldwide: Situation, impact and remediation

- techniques // *Environmental Skeptics and Critics.* 2014, no.3(2). pp.24-38.
4. Ayari F., Hamdi H., Jedidi N., Gharbi N., Kossai R. Heavy metal distribution in soil and plant in municipal solid waste compost amended plots // *Int. J. Environ. Sci. Tech.* 2010, vol.7, no. 3, pp.465-472.
5. Tripathi A., Misra D.R. A study of physico-chemical properties and heavy metals in contaminated soils of municipal waste dumpsites at Allahabad India // *International Journal Of Environmental Sciences.* 2012. vol.2, no.4, pp. 1-10.
6. Nanda S., Abraham J. Remediation of heavy metal contaminated soil // *African Journal of Biotechnology.* 2013, vol.12, no.21, pp.3099-3109.
7. Yan-ling C.A.O., Li-jun D. Development of After-Loading Compress ion-type Dust Cart for the City // *Equipment Manufacturing Technology.* 2009, no.3. p. 61.
8. А.с. 793891 СССР, МКИ В65F 3/00. Мусоровоз / В.И. Баловнев, Г.М.Белотсерковский, Е.М. Букреев и др. №2794198; заявл. 03.07.79; опубл. 07.01.81, Бюл. 1981. №1. [А. С. 793891 USSR, МКИ В65F 3/00. Garbage truck / V. I. Balovnev, G. M. Belotserkovsky, E. M. Boukreev, and others. No. 2794198; Appl. 03.07.79; publ. 07.01.81, bull. 1981. No. 1.] (In Russ.)
9. А.с. 1012795 СССР, МКИ В65F 3/20. Устройство для загрузки мусора в кузов мусоровоза / Марсель Колэн (Франция). № 3291952; заявл. 20.05.80; опубл. 15.04.83, Бюл.№ 14. [А. С. 1012795 USSR, МКИ В65F 3/20. Device for loading trash into garbage truck / Kolen Marseille (France). No. 3291952; Appl. 20.05.80; publ. 15.04.83, bul.№ 14.] (In Russ.)
10. А.с. 1691229 СССР, МКИ В65F 3/20. Механизм привода плиты мусоровоза / И.И.Кравченко. №4621309; заявл. 19.12.88; опубл. 15.11.91, Бюл. №42. [10. А. С. 1691229 USSR, МКИ В65F 3/20. The drive mechanism plate of the truck / I. I. Kravchenko. No. 4621309; Appl. 19.12.88; publ. 15.11.91, bull. No. 42.] (In Russ.)
11. А.с. 1634740 СССР, МКИ E01H 1/04. Подметально-уборочная машина /

- I.I. Kravchenko, M.F. Pavlik. №4676782; zayavl. 07.03.89; opubl. 15.03.91, Byul. №14. [A. S. 1634740 USSR, MKI E01H 1/04. Road sweeper / I. I. Kravchenko, F. M. Pavlik. No. 4676782; Appl. 07.03.89; publ. 15.03.91, bull. No. 14.] (In Russ.)
12. A.s. 1557239 SSSR, MKI E01N 1/04. Uborochnaya mashina / V.P.Bakumenko, M.I.Vail. №4457407; zayavl. 11.07.88; opubl. 15.04.90, Byul.№14. [A. S. 1557239 USSR, MKI E01H 1/04. Sweeper / V. P. Bakumenko, M. I. Vail. No. 4457407; Appl. 11.07.88; publ. 15.04.90, bul.№14.] (In Russ.)
13. A.s. 1677150 SSSR, MKI E01H 1/02. Rabochiy organ podmetalno-uborochnoy mashiny / I.I.Kravchenko. №4696722; zayavl. 25.05.89; opubl. 15.09.91, Byul. №34. [A. S. 1677150 USSR, MKI E01H 1/02. Working on the sweeper / I. I. Kravchenko. No. 4696722; Appl. 25.05.89; publ. 15.09.91, bull. No. 34.] (In Russ.)
14. A.s. 1602922 SSSR, MKI E01H 1/04. Podmetalno-uborochnaya mashina / A.K.Melentev, V.V.Kirin, A. G. Tihomirov i dr. №4620162; zayavl. 14.12.88; opubl. 30.10.90, Byul № 40. [A. S. 1602922 USSR, MKI E01H 1/04. Road sweeper / A. K. Melentyev, V. V. Kirin, A. G. Tikhomirov, etc. No. 4620162; Appl. 14.12.88; publ. 30.10.90, Bulletin No. 40.] (In Russ.)
15. A.s. 870567 SSSR, MKI E01H 1/00. Gidravlicheskaya sistema upravleniya ustanovkoy rabocheho organa uborochnoy mashiny / R.S.Burshteyn, M.A.Plotko. №2773662; zayavl. 28.05.79; opubl. 07.10.81, Byul. № 37. [A. S. 870567 USSR, MKI E01H 1/00. The hydraulic machine control system working body of the harvester / R. S. Burstein, M. A. Plotko. No. 2773662; Appl. 28.05.79; publ. 07.10.81, bull. No. 37.] (In Russ.)
16. Dmitriev, A.Yu. Vakuumnaya podmetalno-uborochnaya mashina na shassi Scania [Vacuum road sweeper on chassis Scania] // Tverdyie byitovyie othody [Solid waste]. 2011, no. 10, pp. 46-47. (In Russ.)
17. Savulyak V.I., Berezyuk O.V. Tehnicheskoe obespechenie sbora, perevozki i podgotovki k pererabotke tverdyih byitovyih othodov [Technical support for the collection, transportation and preparation for recycling of solid waste]. Vinnitsa: UNIVERSUM-Vinnitsya, 2006. 218 p. (In Russ.)
18. Postanovlenie Kabinetа Ministrov Ukrainyi ot 4 marta 2004 goda # 265 «Ob utverzhenii Programmy obrascheniya s tverdymi byitovyimi othodami» [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 4 March 2004 No. 265 "On approval of the programme of solid household waste management"]. (In Russ.) Available at: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=265-2004-%EF>
19. Березюк О.В. Razrabotka i issledovanie novoy struktury ekologicheskoy mashiny dlya oчитki naselennyih punktov ot tverdyih othodov [Development and research of new structure of environmental cleaning machine for settlements from solid waste] // Sovremennyye tehnologii, materialy i konstruksii v stroitelstve [Modern technologies, materials and constructions in building] / Sb. nauch. tr. [Proceeding]. Vinnitsa: UNIVERSUM- Vinnitsa, 2008, pp. 92-98. (In Russ.)
20. Patent Ukrainyi №45362, MPK(2009) E01H 1/00. Oborudovanie uborochnoy mashiny / Berezyuk A. V.; patentoobladatel Vinnitskiy natsionalnyi tehnichestkiy universitet. 200904793; Zayavl. 15.05.2009. Poluchi. 10.11.2009, Byul. №21. [The patent of Ukraine No. 45362, IPC(2009) E01H 1/00. Equipment sweeper / bereziuk, A. V.; patentee Vinnitsia national technical University. 200904793; Appl. 15.05.2009. Get. 10.11.2009, bull. No. 21.] (In Russ.)
21. Berezyuk, O.V. Dynamics of hydraulic drive of hanging sweeping equipment of dust-cart with extended functional possibilities / O.V. Berezyuk, V.I. Savulyak // Tehnomus Journal, New technologies and products in machine manufacturing technologies. 2015, no.22. pp. 345-351.
22. Lepesh A.G. Imitatsionnoe modelirovanie rabocheho protsessа kommunalnoy uborochnoy tehniki [Simulation modelling of workflow utilities for cleaning equipment] // Technico-tehnologicheskie problemy servisa [Technical and technological problems of service]. 2011, vol. 17, no. 3, pp.32-41. (In Russ.)
23. Vasilchenko V. A. Gidravlicheskoe oborudovanie mobilnyih mashin [The hydraulic equipment of mobile machines]. Moscow: Mashinostroenie, 1983, 301 p. (In Russ.)
24. Balovnev V.I., Ermilov A.B., Novikov A.N. i dr. Dorozhno-stroitelnyie mashiny i kompleksyi [Road construction machines and systems]. Moscow: Mashinostroenie, 1988, 384 p. (In Russ.)
25. Lepesh A.G. Prognozirovanie iznashivaniya schetok kommunalnyih mashin [Prediction of wear of brushes utility vehicles] // Tehniko-tehnologicheskie problemy servisa [Technical and technological problems of service]. 2010, vol. 12, no.2, pp.25-34. (In Russ.)
26. Lepesh A.G., Lepesh G.V., Vorontsov I.I. Metodika eksperimentalnogo opredeleniya iznosostoykosti schYotochnogo vorsa kommunalnoy uborochnoy tehniki [The method of experimental determination of the durability of the brush pile and communal cleaning equipment] // Tehniko-tehnologicheskie problemy servisa [Technical and techno-logical problems of service]. 2011, vol. 16, no. 2, pp.7-19. (In Russ.)
27. Spivakovkiy A.O., Dyachkov V.K. Transportiruyuschie mashiny [Transporting machines]. Moscow: Mashinostroenie, 1983. 497 p. (In Russ.)

Received 23/06/16

Березюк О.В. П.П. Методика инженерных расчетов параметров навесного подметального оборудования экологической машины на основе мусоровоза // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2016. Т.6. №2. С. 39-45

Berezyuk O.V. The method of engineering parameters calculations of ecological machine on the basis of dust-cart // *Sovremennyye problemy transportnogo kompleksа Rossii* [Modern Problems of Russian Transport Complex]. 2016, vol. 6, no. 2, pp. 39-45