

УДК 625.76.08

М. Ф. Закиров, кандидат технических наук
Р. А. Меньшиков, студент
И. В. Шуклин, студент
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

ОСНАЩЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПИТАТЕЛЕЙ МАЛОГАБАРИТНЫХ СНЕГООЧИСТИТЕЛЕЙ

Выбор конструктивных параметров и режимов работы рабочих органов машин невозможно осуществить без исследования процесса взаимодействия рабочего органа со средой. В статье рассмотрены варианты оснащения существующего лабораторного стенда «Грунтовый канал» рабочими органами активного принципа действия для исследования питателей малогабаритных снегоочистителей.

Ключевые слова: рабочий орган, лабораторный стенд, снегоочиститель, исследование, снег.

Малогабаритные снегоочистители с рабочими органами активного принципа действия широко используются для очистки тротуаров, небольших придомовых территорий и проездов от свежесвыпавшего и уплотненного снега. Шнековый питатель позволяет создавать более компактную и маневренную конструкцию шнекороторного снегоочистителя по сравнению с фрезерно-роторным снегоочистителем, который оборудован многозаходной ленточной фрезой [1]. Ленточная фреза обладает лучшей режущей способностью по сравнению со шнеком, но при этом снижается производительность питателя. Скальватели применяются для борьбы с зимней скользкостью, которые, за счет разрушения рабочим органом уплотненного снега и льда, оставляют после себя шероховатую поверхность, а образовавшийся скос сдвигается скребком или сметается цилиндрической щеткой в сторону. При удалении более плотного снега увеличивается энергоемкость рабочих операций, что нежелательно для малогабаритных снегоочистителей с двигателями малой мощности.

Многие методики по расчету основных параметров снегоочистителей основываются на учете наиболее существенных сопротивлений, возникающих при работе машины, и имеют ряд определенных допущений ввиду сложности протекающих процессов при взаимодействии рабочих органов со снегом. Сопротивления, возникающие на рабочих органах малогабаритных тихоходных снегоочистителей с небольшой шириной захвата, в настоящее время мало изучены, а по многим удельным показателям они резко отличаются от быстроходных снегоочистителей на базе грузовых автомобилей и тракторов.

Решение проблемы расчета, выбора рациональных параметров и прогнозирования развития рабочих органов строительных, дорожных и коммунальных машин остается одним из актуальных направлений научных исследований. Выбор конструктивных параметров и режимов работы рабочих органов машин в конкретных условиях эксплуатации невозможно осуществить без всестороннего исследования процесса взаимодействия рабочего органа с разрабатываемой средой.

Научные исследования рабочих органов строительных, дорожных и коммунальных машин проводятся в основном по трем направлениям:

- 1) математическое моделирование при помощи программного обеспечения;
- 2) физическое моделирование на специальных лабораторных стендах;
- 3) воспроизведение рабочих процессов в натуральных условиях на конструкциях рабочих органов существующих машин.

Для исследования процесса резания снега и грунта плужным рабочим органом в 2008 году на кафедре «Строительные и дорожные машины» ИжГТУ был спроектирован и изготовлен лабораторный стенд «Грунтовый канал» [2]. Конструкция существующего лабораторного стенда позволяет использовать для проведения научно-исследовательских и лабораторных работ рабочий орган только пассивного принципа действия – плужный отвал (рис. 1).

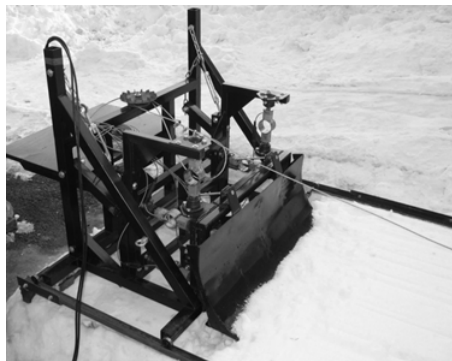


Рис. 1. Лабораторный стенд с плужным рабочим органом

Питатели снегоочистителей предназначены для отделения снега от массива и перемещения разрыхленной снежной массы к метателю. При разработке снега достаточно большой плотности рабочий орган должен развивать большие усилия при сравнительно низкой скорости [3]. Для исследования питателей малогабаритных снегоочистителей предлагается расширить технологические возможности лабораторного стенда «Грунтовый канал» путем его оснащения рабочими органами активного принципа действия, такими как шнек, фреза и цепной скальватель.

Имеющаяся измерительная аппаратура, отработанная методика проведения и обработки результатов экспериментальных исследований позволят получить данные по сопротивлению на рабочих органах при взаимодействии со средой.

Шнек выполняется однозаходным в виде полностенной ленточной лопасти из металлического листа (рис. 2). Шнек имеет шаг винтовой линии, равный его диаметру $t_{ш} = D_{ш} = 0,2$ м, при этом угол подъема винтовой линии наружной режущей кромки шнека составляет $\alpha_{ш} = 17,7^\circ$. Рабочий орган приводится во вращение от электродвигателя при помощи зубчатременной передачи, расположенной сбоку. Для установки привода, навесного рабочего оборудования и кожуха предусмотрена сварная металлическая рама, которая закрепляется болтами к промежуточной раме лабораторного стенда (при демонтированном плужном отвале). С обеих сторон имеются съемные подшипниковые опоры для крепления вала рабочего органа.

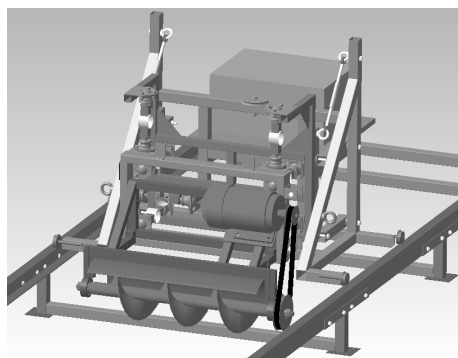


Рис. 2. Лабораторный стенд с шнековым рабочим органом

Двухзаходная ленточная фреза выполняется безбарabanной с опорами для крепления винтовой металлической ленты шириной $b_{л} = 30$ мм (рис. 3). Угол подъема винтовой линии наружной режущей кромки фрезы равняется $\alpha_{ф} = 25,5^\circ$, что соответствует шагу винтовой линии $t_{ф} = 0,3$ м при диаметре $D_{ф} = 0,2$ м.

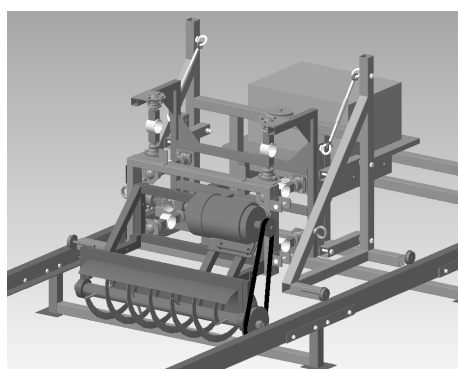


Рис. 3. Лабораторный стенд с фрезерным рабочим органом

Цепной скальватель имеет горизонтальный приводной вал, на котором равномерно установлены диски $n_{д} = 12$ шт., на каждом из которых шарнирно закреплены по 4 звена ударной цепи (рис. 4). Свободный конец цепи заканчивается вилкой для воз-

можности фиксации сменных ударников различной формы (молоток, брусок, конус и т. п.). Звенья цепи соседних дисков расположены с угловым смещением на 45° . Внешний диаметр рабочего органа $D_{ск} = 0,2$ м, а ориентировочная масса одного звена цепи с вилкой и ударником составляет $m_{уд} = 0,06$ кг.

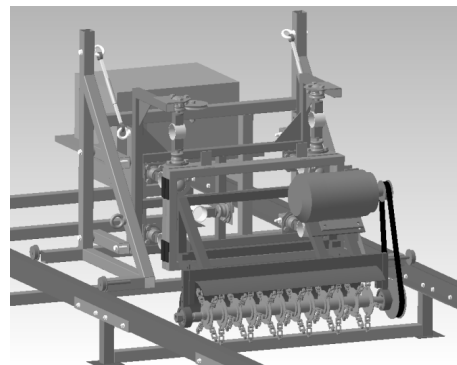


Рис. 4. Лабораторный стенд с цепным скальвателем

Мощность (кВт), расходуемая на привод шнекового или фрезерного питателя снегоочистителя [4]:

$$N_{п} = \frac{(N_{1п} + N_{2п})}{\eta_{п}}, \quad (1)$$

где $N_{1п}$ – затраты мощности на вырезание снега из массива, кВт; $N_{2п}$ – затраты мощности на перемещение снега питателем, кВт; $\eta_{п}$ – КПД привода питателя.

$$N_{1п} = 10^{-3} \cdot P_{р.п} \left(R_{п} \cdot \omega_{п} - \frac{\pi \cdot v_{м}}{z} \right) \operatorname{tg}(\alpha + \delta),$$

где $P_{р.п}$ – суммарная сила сопротивления снега резанию винтовой лопастью питателя, Н; $R_{п}$ – радиус окружности вращения питателя, м; $\omega_{п}$ – угловая скорость питателя, рад/с; $v_{м}$ – рабочая скорость снегоочистителя, м/с; z – число заходов винтовой лопасти питателя; α – угол подъема винтовой линии; δ – угол внешнего трения снега.

$$P_{р.п} = \frac{2 \cdot 10^6 \cdot \pi^2 \cdot K_{рез} \cdot R_{п} \cdot B \cdot v_{м} \cdot z_{п}}{\omega_{п} \cdot z \cdot t_{п} \cdot \cos \alpha},$$

где $K_{рез}$ – удельное сопротивление снега резанию, Па; B – ширина захвата питателя, м; $z_{п}$ – число винтовых рабочих органов питателя; $t_{п}$ – шаг питателя, м.

Для шнекового питателя:

$$N_{2п} = 1,39 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{B \cdot \omega_{п}^2 \cdot R_{п} \cdot \Pi_{тех} \cdot \operatorname{tg} \rho \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \delta)}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha},$$

где $\Pi_{тех}$ – техническая производительность роторного снегоочистителя, т/ч; ρ – угол внутреннего трения снега.

$$\Pi_{тех} = 3,6 \cdot B \cdot H \cdot v_{м} \cdot \gamma,$$

где H – толщина удаляемого снежного покрова, м; γ – плотность снега, кг/м³.

Для фрезерного питателя:

$$N_{2п} = 1,39 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{B \cdot \omega_n^2 \cdot R_n \cdot \Pi_{\text{тех}} (\operatorname{tg} \rho + \operatorname{tg} \delta) \operatorname{tg} (\alpha + \delta)}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

Мощность (кВт), необходимая для привода цепного скальвателя:

$$N_{\text{ск}} = \frac{N}{\eta_n}, \quad (2)$$

где N – затраты мощности на разрушение материала, кВт.

Несколько завышенное значение N может быть приближенно определено по эмпирической формуле, используемой для определения мощности привода молотковой дробилки [5]:

$$N = 0,15 \cdot n \cdot D_{\text{ск}}^2 \cdot B,$$

где n – частота вращения ударников, об/мин.

$$n = \frac{30 \cdot \omega_n}{\pi}.$$

В таблице приведены результаты расчета мощности по формулам (1)–(2), затрачиваемой на привод сменных рабочих органов для лабораторного стенда «Грунтовый канал». При расчетах были приняты следующие основные показатели: $\gamma = 400 \text{ кг/м}^3$; $K_{\text{рез}} = 0,09 \text{ МПа}$; $B = 0,6 \text{ м}$; $H = 0,1 \text{ м}$; $v_m = 0,1 \text{ м/с}$; $\omega_n = 31,4 \text{ рад/с}$; $\eta_n = 0,95$.

Результаты расчета мощности, затрачиваемой на привод рабочих органов

№ п/п	Тип рабочего органа	Мощность, расходуемая на привод рабочего органа, кВт
1	Шнек	2,1
2	Фреза	1,5
3	Цепной скальватель	1,1

Zakirov M. F., PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU
 Menshikov R. A., Student, Kalashnikov ISTU
 Shuklin I. V., Student, Kalashnikov ISTU

Equipping the laboratory stand with executive tools to research the small-sized snow blower feeders

The choice of design parameters and operating modes of the machine's executive tools is impossible without researching the process of executive tool interaction with the environment. The article reviews the options for equipping the existing laboratory stand «Gruntovyi canal» with executive tools possessing the active operation principle to research the small-sized snow blower feeders.

Keywords: executive tool, laboratory stand, snow blower, research, snow.

Получено: 18.02.16

По рассчитанной мощности выбираем электродвигатель 5АИ90L4 с частотой вращения $n_{\text{дв}} = 1500$ об/мин и мощностью $N_{\text{дв}} = 2,2$ кВт. Для регулирования частоты вращения вала двигателя планируется использовать частотный преобразователь, что позволит проводить исследования на различных скоростных режимах рабочего органа.

Конструкция лабораторного стенда позволяет в полной мере оценить вертикальную, горизонтальную и боковые составляющие сопротивления среды на рабочем органе. Полученные данные позволят определить оптимальные конструктивные параметры и режимы работы снегоуборочного оборудования с точки зрения минимальных затрат энергии на удаление снега с поверхности дорог и тротуаров при различных условиях эксплуатации. Результаты научных исследований могут быть реализованы в виде конструкций навесных рабочих органов активного принципа действия для мотоблоков или малогабаритных самоходных шасси.

Библиографические ссылки

1. Шалман Д. А. Снегоочистители. – Л. : Машиностроение, 1973. – 216 с.
2. Закиров М. Ф. Обоснование параметров процесса резания снега плужным рабочим органом малогабаритного снегоочистителя : дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04. – М. : Моск. автомобил.-дорож. гос. техн. ун-т (МАДИ), 2012. – 182 с.
3. Машины для содержания и ремонта городских и автомобильных дорог : учеб. пособие для вузов / В. И. Баловнев, М. А. Беляев и др. – М. : Омск : Омский дом печати, 2005. – 768 с.
4. Дорожно-строительные машины и комплексы : учеб. для вузов / под ред. В. И. Баловнева. – М. : Омск : Изд-во СибАДИ, 2001. – 528 с.
5. Барабашкин В. П. Молотковые и роторные дробилки. – М. : Недра, 1973. – 142 с.