

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ УПРАВЛЯЕМОГО БУКСОВАНИЯ КОЛЕС УНИВЕРСАЛЬНОГО МАЛОГАБАРИТНОГО ПОГРУЗЧИКА

Никонов Д.Д., Безуглов А.С., Сорокин Я.И., Ладычко А.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Минин В.В.

Сибирский федеральный университет

Универсальный малогабаритный погрузчик с бортовым поворотом (УМП) является удобной в эксплуатации машиной, ввиду возможности оснащения его сменными рабочими органами, экономичности и высокой маневренности.

В России производство и применение УМП активно началось в 1990-х гг., что связано с необходимостью модернизации промышленного сектора экономики.

Данный тип минимашин является высокоэффективным средством механизации ручного труда для малых объемов работ на различных рассредоточенных объектах, где они составляют конкуренцию машинам средней и большой мощности.

В настоящее время УМП внедряются в практику использования в условиях Сибири и Дальнего Востока, где климатические условия существенно отличаются от европейских стран. Без усовершенствования конструкции и определения рациональных параметров область применения данных машин имеет ограничения.

Существует ряд недостатков, снижающих эффективность УМП: например, короткобазовое шасси, ограничивающее грузоподъемность; высокая динамическая нагруженность машины за счет жесткого крепления колес к раме и плохая управляемость машины на твердых скользких поверхностях; значительные затраты энергии и ресурсов на обеспечение бортового поворота; затрудненный и небезопасный вход в кабину оператора со стороны рабочего оборудования. К сожалению, в настоящее время, несмотря на постоянное совершенствование конструктивной схемы, не найден вариант машины, устраняющий все недостатки.

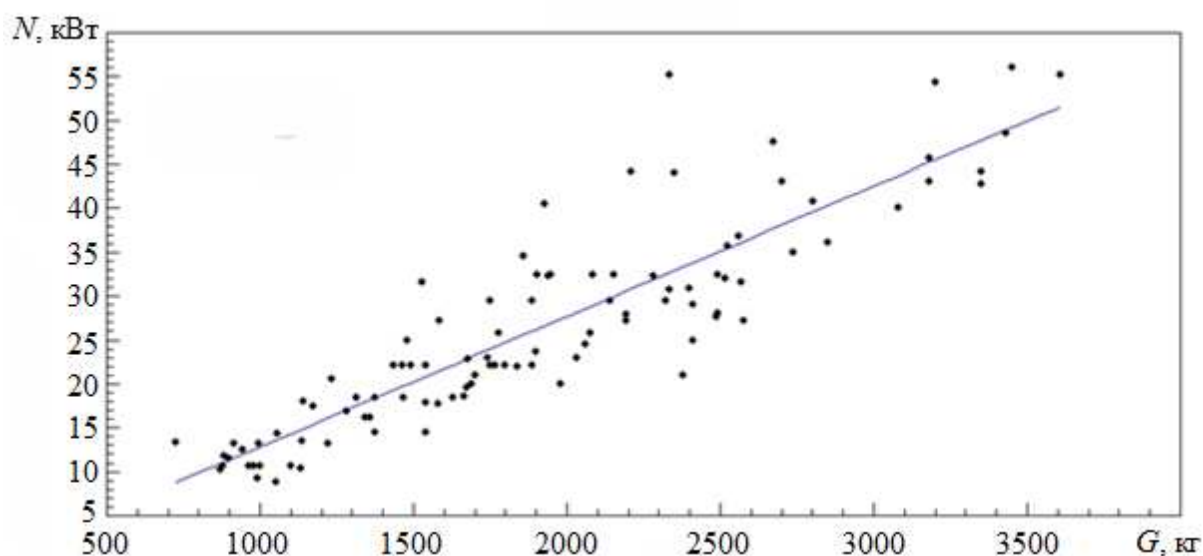


Рисунок 1 – Зависимость установочной мощности двигателя N от эксплуатационной массы (силы тяжести) G машины: $N = 0,015 \cdot G + 2,02$; $R^2 = 0,7909$

Исследования зависимости параметра установочной мощности двигателя N от эксплуатационной массы УМП G проведены по техническим характеристикам более ста типоразмеров машин выпускаемых фирмами-производителями: J I Case Company; Clark Equip. Co. (Bobcat); Davis Welding & Mfg. Co.; John Deere; Erickson Corp.; Ford; Gehl Co.; Hydra – Mac Inc.; International Harvester; Northwestern Motor Co.; Owatonna Mfg. Co.; Prime Mover Co.; Sperry New Holland; TCI Inc.; Thomas Equip. Ltd. и показали (рисунок 1) значительный разброс значений. Оценка точности уравнения регрессии полученного с применением программного продукта Data Fit версии 9.0 фирмы Oakdale Engineering, произведена по значениям минимума стандартной и относительной ошибок аппроксимации, а надежность полученных результатов – по значению коэффициента детерминации R^2 . Не трудно заметить, что при $G = 1\ 000$ кг $N = 9\text{--}18$ кВт; при $G = 2\ 500$ кг $N = 22\text{--}44$ кВт и т.д.

От выбора мощности двигателя в значительной степени зависят параметры оценки эффективности по энергоемкости. В связи с универсальностью машины (возможностью выполнения работ с различными рабочими органами) требуется всесторонний анализ технологических схем выполняемых работ в заданных условиях эксплуатации с учетом топливной экономичности двигателя. При этом важно определить КПД и энергоемкость отдельных технологических процессов.

Для дорожно-строительных машин расчет потребной мощности двигателя для рабочего режима обычно определяют по формулам

$$N_{\text{дв.р}} \geq \frac{W_p v_p}{3600(1-\delta)\eta_{\text{тр}}} + N_{\text{всп}} + \sum N_{\text{р.о}};$$

$$W_p = m_{\text{п}}g \left(f \cos \alpha + \sin \alpha + \psi_{\text{вр}} \frac{a}{g} \right) + W_{\text{р.о}},$$

где W_p – суммарное сопротивление движению машины в рабочем режиме, Н; v_p – рабочая скорость машины, км/ч; $\delta = 0,15\text{--}0,2$ – коэффициент буксования; $\eta_{\text{тр}}$ – КПД трансмиссии; $N_{\text{всп}}$ – мощность на привод вспомогательного оборудования (насоса гидросистемы управления и т. п.), кВт; $\sum N_{\text{р.о}}$ – суммарная мощность на привод рабочего оборудования, кВт:

$$\sum N_{\text{р.о}} = \sum \frac{N_{\text{р.о}}}{\eta_{\text{пр}}},$$

где $N_{\text{р.о}}$ – мощность рабочего оборудования, кВт; $\eta_{\text{пр}}$ – КПД привода; $m_{\text{п}}$ – полная масса машины, кг; g – ускорение свободного падения, м/с²; $f = 0,02$ – коэффициент сопротивления качению колес; $\alpha = 4\text{--}5^\circ$ – угол уклона дороги; $\psi_{\text{вр}}$ = коэффициент учета вращающихся масс: $1+0,05(1+i^2)$, где i – передаточное число трансмиссии на данной передаче; a – ускорение машины (на низших передачах $a = 1,7\text{--}2$ м/с²; на высших передачах – $a = 0,15\text{--}0,3$ м/с²); $W_{\text{р.о}}$ – сила сопротивления движению рабочих органов, Н. Для отвальных рабочих органов

$$W_{\text{р.о}} = f' m_{\text{р.о}} g,$$

где f' – коэффициент трения рабочего органа по покрытию дороги; $m_{\text{р.о}}$ – масса рабочего органа, кг.

Необходимая мощность двигателя для транспортного режима работы определяется по аналогичной зависимости. При этом не учитывается сила $W_{\text{р.о}}$ и принимают коэффициент буксования $\delta_{\text{т}} = 0,03\text{--}0,05$.

Дополнительный двигатель или стационарный режим работы основного двигателя шасси для привода рабочего оборудования подбирают так, чтобы выполнялось условие

$$N_{\text{дв}} = K_{\text{зап}} \sum N_{\text{р.о}},$$

где $K_{\text{зап}} = 1-1,15$ – коэффициент запаса мощности; $\sum N_{\text{р.о}}$ – наибольшая мощность отдельных режимов рабочего оборудования.

Для удаления снежно-ледяных образований с поверхности дорог и тротуаров разработана конструкция рабочего оборудования УМП (рисунок 2) с изменяющимся углом плоскостей расположения бортов машины и закрепленными на пневмодвижителях рабочими органами в виде фрез.



Рисунок 2 – Сменное рабочее оборудование УМП для уборки снежно-ледяных образований на дорогах

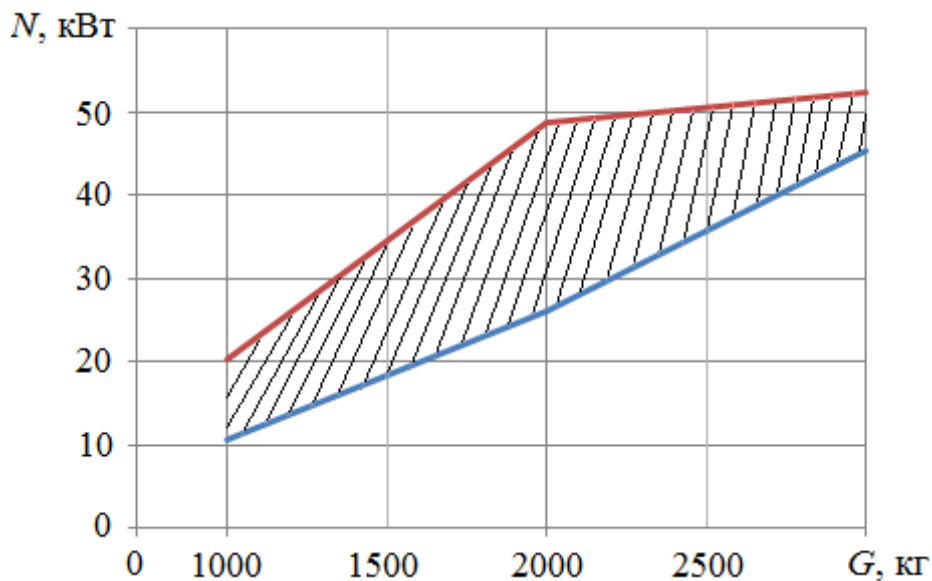


Рисунок 3 – Запас мощности двигателя при буксовании $\delta = 20\%$

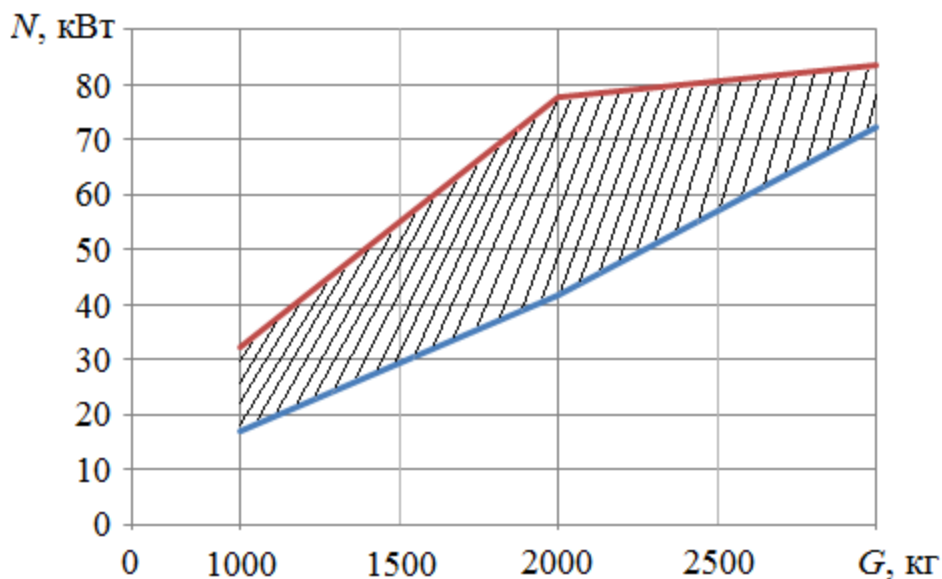


Рисунок 4 – Запас мощности двигателя при буксовании $\delta = 50\%$

Исследования запаса мощности при различном буксовании $\delta = 20\%$ и $\delta = 50\%$ представлены на рисунках 3 и 4. Здесь заштрихованная область показывает мощность двигателя, которая может быть реализована на выполнение работы по очистке снежно-ледяных образований на дорогах. Наибольший потенциальный диапазон мощностей имеют УМП эксплуатационной массой 2 000 кг. Для малых типоразмеров машин с эксплуатационной массой $G = 1\ 000$ кг и больших – $G = 3\ 000$ кг данный диапазон по запасу мощности двигателя сужается втрое. К обсуждению на конференции представляются математические модели (в среде программирования Mathcad) взаимодействия рабочего оборудования с обрабатываемой средой позволяющие определять наиболее вероятные режимы нагружения двигателя для осуществления управляемого буксования пневмоколесного движителя. В зависимости от удельного сопротивления на рабочем оборудовании определены углы установки фрез позволяющие осуществлять удаление снежно-ледяных образований с наименьшей энергоемкостью и с более полной загрузкой двигателя.