

РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УНИВЕРСАЛЬНЫХ МАЛОГАБАРИТНЫХ ПОГРУЗЧИКОВ

**Никонов Д.Д., Безуглов А.С., Ковалевич П.В., Ладычко А.В.
Научный руководитель – доцент, к.т.н. Минин В.В.**

Сибирский федеральный университет

Первая машина, ставшая прототипом сегодняшнего универсального малогабаритного погрузчика с бортовым поворотом (УМП), была произведена в 1957 г. компанией Merloe, США (на рынке появилась под маркой Bobcat).

Данный тип мини-машин является наиболее представительным ввиду наличия большого количества сменных рабочих органов, экономичности, высокой мобильности и маневренности.

В настоящий момент в мире производится более 100 тыс. машин в год, которые используются во многих отраслях: строительство и реконструкция зданий и сооружений, дорожное и коммунальное хозяйство, сельское хозяйство и т. д. Возможность такого применения обеспечивается сменными рабочими органами циклического и непрерывного действия (номенклатура насчитывает более 70 наименований).

Недостатками, снижающими эффективность работы УМП являются: короткобазовое шасси, ограничивающее грузоподъемность; высокая динамическая нагруженность машины и плохая управляемость машины на твердых скользких поверхностях; жесткое, безрессорное крепление колес к раме; закопотированное пространство энергетической установки и гидropередач, снижающее теплообмен с окружающей средой; значительные затраты энергии и ресурсов на обеспечение бортового поворота; затрудненный и небезопасный вход в кабину оператора со стороны рабочего оборудования, снижающий эффективность эксплуатации машин, ограниченный срок службы шин и др.

Ведущие фирмы-изготовители постоянно совершенствуют конструктивные схемы и отдельные подсистемы машин, но решения, устраняющего все вышеперечисленные недостатки, пока не найдено.

При проектировании машин данного типа требуется обеспечить точность и достоверность принятых значений основных параметров, которые, в конечном счете, предопределяют эффективное их применение.

Экономическая эффективность работы УМП зависит от энергетических параметров машины: установочной мощности двигателя, КПД рабочего оборудования, а также от физического состояния разрабатываемого грунта (удельной энергоемкости разработки).

Универсальные малогабаритные погрузчики выпускаются различного типоразмера, с эксплуатационной массой (силой тяжести) от 500 до 5000 кг и установочной мощностью от 12 до 84 кВт.

Целью данного исследования является определение наиболее эффективного типоразмера машины для разработки грунта с удельной энергоемкостью рабочего процесса $A = 20$ кПа рабочими органами: погрузочный ковш, отвал бульдозера, рыхлитель.

Расчеты в среде Mathcad проведены по следующим зависимостям:
производительность для машин с погрузочным ковшом:

$$Q = \frac{3600 \cdot q \cdot T_{\text{ч}} \cdot K_{\text{в}}}{T_{\text{ц}}};$$

производительность для машин с бульдозерным отвалом и рыхлителем:

$$Q = 3600 \cdot F \cdot V \cdot T_{\text{ч}} \cdot K_{\text{в}},$$

где q – количество материала, обрабатываемого за один рабочий цикл, м^3 , $T_{\text{ц}}$ – продолжительность рабочего цикла, с, F – поперечное сечение материала, поступающего на рабочий орган машины, м^2 , V – скорость движения машины, $\text{м}/\text{с}$, $T_{\text{ч}}$ – число часов в одной смене, ч, $K_{\text{в}}$ – коэффициент использования машины по времени, $K_{\text{в}} = 0,8-0,85$.

Принимаемый для оценки эффективности критерий стоимости потерь полезной удельной работы машины $\Pi_{\text{СА}}$ записывается в виде:

$$\Pi_{\text{СА}} = \{C \cdot P + C_{\text{э}}(1-P)\} N(1-k_{\text{ом}})(1-\bar{\eta}) \cdot \sum_{j=1}^k (\delta_j / Q_{ij}),$$

где C – стоимость УМП и комплекта сменного рабочего оборудования, руб., $C_{\text{э}}$ – стоимость эксплуатации машины, руб.; P – вероятность безотказной работы машины; N – установочная мощность двигателя, кВт, $\bar{\eta}$ – математическое ожидание КПД на режиме работы, $k_{\text{ом}}$ – коэффициент отбора мощности на вспомогательное оборудование, $\delta_j = V_j / V$ – доля отдельного V_j -го объема работ в общем объеме V работ на объекте, Q_{ij} – производительность i -го рабочего оборудования при выполнении j -го вида работы, включая время замены данного оборудования на другое.

Себестоимость обработки единицы поверхности рассчитывают по формуле:

$$C_{\text{уд}} = \frac{C_{\text{мс}}}{Q},$$

где $C_{\text{мс}}$ – себестоимость машино-смены, руб./см, Q – эксплуатационная производительность машины в смену, $\text{м}^3/\text{см}$.

Удельные капитальные затраты определяют по зависимости:

$$K_{\text{уд}} = \frac{C}{T_{\text{см}} \cdot Q},$$

где $T_{\text{см}}$ – число смен работы машины в одном году.

Интегральный показатель оценки экономической эффективности рассчитывают по формуле:

$$З_{\text{п.уд}} = C_{\text{уд}} + E \cdot K_{\text{уд}},$$

где E – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений.

При проведении вычислительных экспериментов варьировались следующие параметры: эксплуатационная масса машины G от 1000 до 4000 кг; установочная мощность двигателя от 12 до 64 кВт; стоимость машины C от 819 до 1439 тыс. руб.; коэффициент полезного действия $\eta = 0,8$.

Результаты представлены на рисунках 1-3.

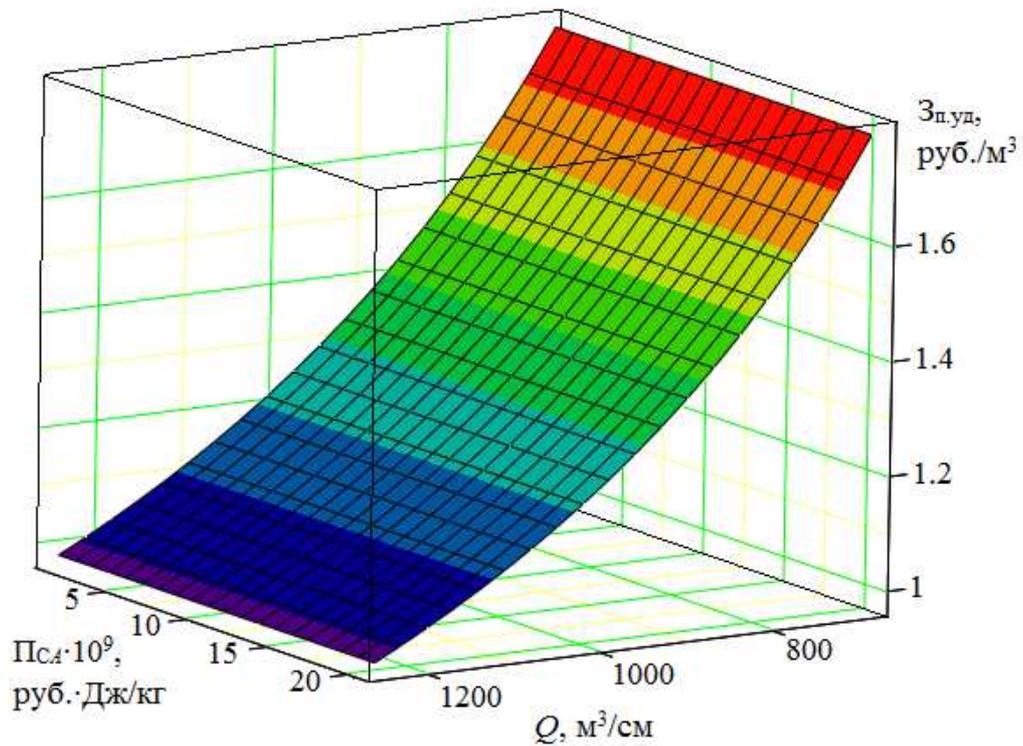


Рисунок 1 – Зависимость приведенных удельных затрат $Z_{п.уд.}$ от критерия стоимости потерь полезной удельной работы машины $P_{с.а.}$ и производительности Q бульдозерного оборудования

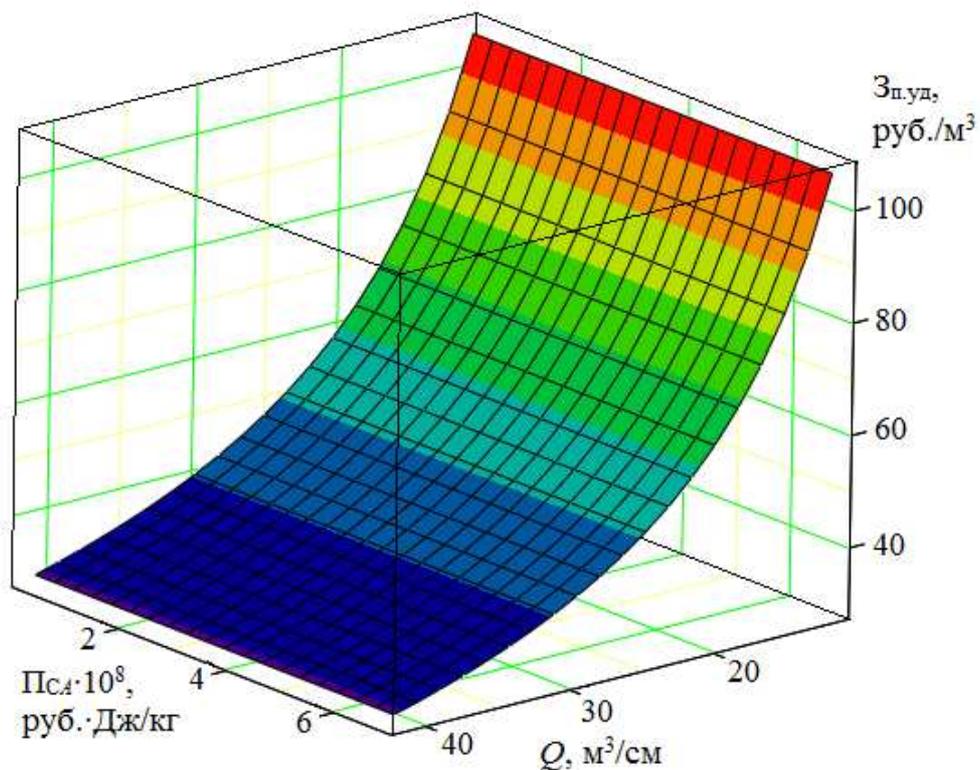


Рисунок 2 – Зависимость приведенных удельных затрат $Z_{п.уд.}$ от критерия стоимости потерь полезной удельной работы машины $P_{с.а.}$ и производительности Q погрузочного оборудования

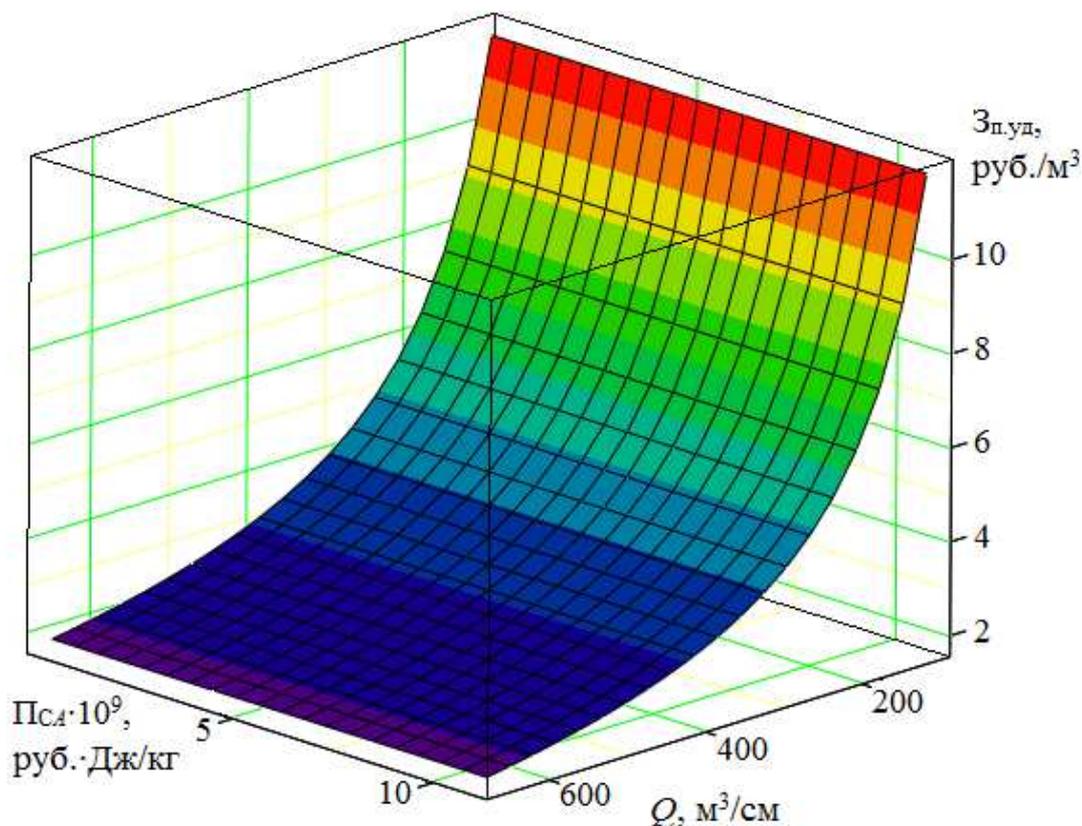


Рисунок 3 – Зависимость приведенных удельных затрат $Z_{п.уд}$ от критерия стоимости потерь полезной удельной работы машины $P_{СА}$ и производительности Q рыхлительного оборудования

Расчетные значения критерия стоимости потерь полезной удельной работы машины $P_{СА}$ представлены в таблице.

Таблица

Рабочее оборудование	Эксплуатационная масса G , кг			
	1000	2000	3000	4000
Критерий стоимости потерь полезной удельной работы машины $P_{СА}$, руб.·Дж/кг				
Погрузочное	$2,038 \cdot 10^7$	$8,361 \cdot 10^7$	$2,204 \cdot 10^8$	$6,875 \cdot 10^8$
Бульдозерное	$1,211 \cdot 10^9$	$3,574 \cdot 10^9$	$8,555 \cdot 10^9$	$2,074 \cdot 10^{10}$
Рыхлительное	$1,834 \cdot 10^8$	$9,675 \cdot 10^8$	$3,377 \cdot 10^9$	$1,1 \cdot 10^{10}$

На основе анализа полученных значений установлено, что для данных условий наиболее экономичными по критерию приведенных удельных затрат являются типоразмеры машин обладающих эксплуатационной массой более 1000 кг вне зависимости от вида рабочего оборудования. Значительный рост $Z_{п.уд}$ наблюдается для УМП малого типоразмера при этом $P_{СА}$ изменяется незначительно. Характер изменения величины критерия стоимости полезной удельной работы от значения главного параметра (эксплуатационной массы) машины аналогичен с интегральным показателем. Безусловно численные значения параметров исследуемых типоразмеров машин зависят от физико-механических параметров разрабатываемой среды (удельной энергоёмкости).