



Расчет параметров щебнеочистительных машин



Виктор КОВАЛЬСКИЙ
Victor F. KOVALSKY

Маргарита ЧАЛОВА
Margarita Yu. CHALOVA



Авторы статьи взамен ранее применявшихся методик расчета производительности и других параметров щебнеочистительных машин предлагают свою модельную схему и свой математический аппарат. Достигаемые при этом результаты позволяют качественно улучшить проектирование заявленных в техническом задании механизмов и узлов.

Ключевые слова: путевое строительство, щебнеочистительная машина, проектирование, методы расчета, компьютерное моделирование, производительность, рабочий режим.

Ковальский Виктор Федорович — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Путевые, строительные машины и робототехнические комплексы» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ).

Чалова Маргарита Юрьевна — ассистент МИИТ.

Известные методики расчета параметров щебнеочистительных машин [1] используются как проверочные или применяются в интерактивных вариантах. В результате созданные машины не соответствуют заявленным в техническом задании параметрам и в первую очередь по производительности. Учитывая это, сделана попытка разработать методику расчета параметров скребково-цепного устройства щебнеочистительных машин, удобную для стадии проектирования.

Расчетная производительность вырезающего устройства, м³/с:

$$Q_{скр} = \vartheta_{скр} F_{скр} K_{зан}.$$

Здесь $\vartheta_{скр}$ — скорость скребковой цепи, м/с; $F_{скр}$ — площадь скребка, м²; $K_{зан}$ — коэффициент заполнения межскребкового пространства, который может быть определен по формуле:

$$K_{зан} = \frac{Bh\vartheta_m K_p}{\vartheta_{скр} F_{скр}},$$

где B и h — ширина и толщина вырезаемого слоя щебня, м; ϑ_m — скорость движения (подачи) машины, м/с; K_p — коэффициент разрыхления щебеночного балласта.

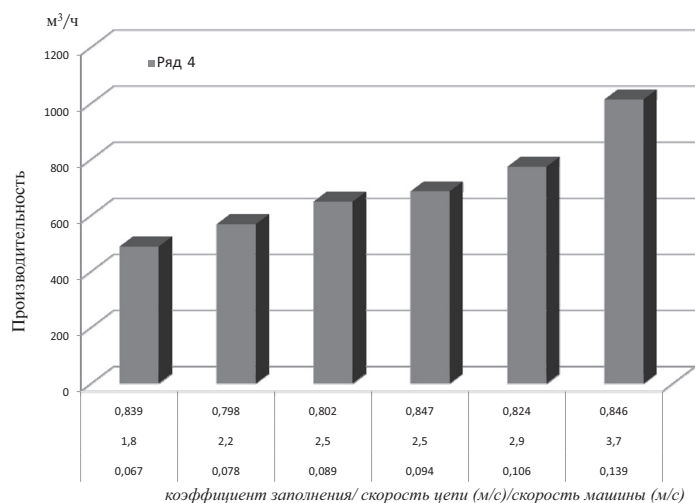


Рис. 1. Результаты расчёта производительности вырезающего устройства щебнеочистительной машины.

Анализ полученных зависимостей показывает, что производительность вырезающего устройства в большей степени определяется соотношением скоростей скребковой цепи и машины.

Следующим основным параметром механизма является мощность привода скребковой цепи. Вырезающее устройство выполняет две функции: вырезание щебня и его транспортирование по наклонному желобу к месту выгрузки (приемному бункеру).

Общее сопротивление движению скребковой цепи учитывается как сумма следующих составляющих:

- сопротивление балласта резанию;
- сопротивление от сил трения балласта о балласт в зоне вырезки;
- сопротивление от сил трения скребков о балласт в зоне вырезки;
- сопротивление балласта перемещению по желобу;
- сопротивление от трения скребковой цепи о поверхность желобов.

Сила сопротивления балласта резанию, кН:

$$P_1 = K_{01} K_\beta \frac{F_{ск} K_{зан}}{K_p} K_{1,1},$$

где $K_{0,1}$ – расчетное удельное сопротивление балласта резанию, кН/м²; K_β – коэффициент, учитывающий угол резания; K_p – коэффициент разрыхления загрязненного щебня; $K_{1,1}$ – коэффициент разрыхления щебня в шпальных ящиках.

Мощность на резание балласта, кВт:

$$N_1 = \frac{P_1 V_{скр}}{\eta_{скр}},$$

где $\eta_{скр}$ – КПД цепного скребкового рабочего органа.

Сила трения балласта о балласт, кН:

$$P_2 = 0,5 \rho g B \frac{Q_{скр} f_2}{V_{скр}},$$

где ρ – плотность разрыхленного балласта; g – ускорение свободного падения; B – ширина вырезки щебня; f_2 – коэффициент трения балласта по балласту.

Мощность на преодоление силы трения балласта о балласт, кВт:

$$N_2 = \frac{P_2 V_{скр}}{\eta_{скр}}.$$

Сила трения скребков о балласт, кН:

$$P_3 = f_1 G_u \frac{B_p}{L_u},$$

где f_1 – коэффициент трения стали по балласту; L_u – общая длина цепи; G_u – сила тяжести цепи.

Мощность на преодоление силы трения скребков о балласт, кВт:

$$N_3 = \frac{P_3 V_{скр}}{\eta_{скр}}.$$

Сила сопротивления перемещению балласта по желобу, кН:

$$P_4 = \rho g F_{скр} K_{зан} L_{жс} (\sin \alpha_{жс} + f_1 \cos \alpha_{жс}),$$

где $L_{жс}$ – длина рабочего желоба; $\alpha_{жс}$ – угол наклона желоба в рабочем режиме.

Мощность на преодоление силы сопротивления перемещению балласта по желобу, кВт:





$$N_4 = \frac{P_4 V_{скр}}{\eta_{скр}}.$$

Сила трения цепи по поверхности желобов, кВт:

$$P_5 = 2f_3 G_{\text{ц}} \frac{L_{\text{жс}}}{L_{\text{ц}}} \cos \alpha_{\text{жс}},$$

где f_3 — коэффициент трения стали по стали при сильном абразиве.

Мощность на преодоление силы трения цепи по поверхности желобов, кВт:

$$N_5 = \frac{P_5 V_{скр}}{\eta_{скр}}.$$

Мощность на подъем вырезанного щебня, кВт:

$$N_6 = \rho g Q_{скр} H_{\text{жс}} / \eta_{скр},$$

где $H_{\text{жс}}$ — высота подъема вырезанного щебня по желобу.

Мощность на разгон щебня, кВт:

$$N_7 = \rho Q_{скр} V_{скр}^2 / \eta_{скр}, \text{ кВт.}$$

Расчетная мощность привода $N_{\text{зв}}$ на звездочке редуктора определяется как сумма составляющих.

Энергоемкость процесса, Вт/(м³/ч):

$$e = N_{\text{зв}} / Q_{скр}.$$

С целью ориентировочной оценки мощности приводного двигателя для соответствующей производительности машины уточним энергоемкость на его валу.

Расчётная мощность на валу приводного двигателя, кВт: $N_e = N_{\text{зв}} / \eta_p$, где η_p — КПД редуктора.

Энергоёмкость на валу приводного двигателя, Вт/(м³/ч): $e_d = N_e / Q_{скр}$.

Адекватность математической модели оценивалась сравнением результатов компьютерного моделирования и эксперимен-

тальных данных при идентичных параметрах для машины ЩОМ-1200 [2]. Расхождения составили от 10 до 12%, что позволяет рекомендовать разработанную модель для анализа и расчета параметров вырезающего устройства на стадии проектирования щебнеочистительных машин нового поколения.

Анализ результатов компьютерного моделирования (один из примеров приведен на рис. 1) свидетельствует, что энергоемкость и коэффициент наполнения межскребкового пространства являются хотя и необходимыми, но не единственными критериями оценки режима работы механизма.

Основными параметрами эффективности щебнеочистительной машины, как показывают исследования, служат производительность и мощность привода скребковой цепи, которые в значительной степени определяются соотношением скоростей движения машины и вырезающего устройства. Поэтому на стадии проектирования требуется проводить расчеты всех рассмотренных нами параметров, независимо от большей или меньшей степени их важности. Именно с помощью предложенной математической модели и опираясь на более полные и всесторонние расчеты можно добиться решения главной задачи — найти и рекомендовать параметры вырезающего устройства, обеспечивающие машине оптимальную производительность 1200 м³/ч.

ЛИТЕРАТУРА

1. Путьевые машины: Учебник для вузов ж.-д. транспорта/Под ред. С. А. Соломонова. — М.: Желдориздат, 2000—756 с.

2. Ковальский В. Ф., Майоров Ю. П. ЩОМ-1200: рабочие режимы привода баровой цепи//Мир транспорта. — 2005. — № 1. ●

COMPUTATION OF PARAMETERS OF BALLAST CLEANERS

Kovalsky, Victor F. — D.Sc. (Tech), professor, head of the department of track and construction machines and robot systems of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).

Chalova, Margarita Yu. — assistant lecturer of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).

The authors offer model pattern and mathematical tools to calculate productivity and other parameters of railway ballast cleaners allowing to enhance designing of devices and subassemblies.

Key words: track construction, ballast cleaner, engineering, designing, computer-aided simulation, performance, operation regime.

Координаты авторов (contact information): Ковальский В. Ф. — viktor-kovalckiy@mail.ru, Чалова М. Ю. — margarita_chalova@mail.ru.