

УДК 621.878.46

<https://doi.org/10.26160/2658-3305-2023-18-56-60>

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМНЫХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ЛАПОВОГО ПИТАТЕЛЯ

*Хакимянов Р.Р.*

*Российский университет транспорта, Москва*

**Ключевые слова:** погрузчик непрерывного действия, питатель, рабочие органы, груз, траектория, производительность, энергоёмкость.

**Аннотация.** Большое разнообразие перемещаемых грузов способствует разработке множества конструктивно-технологических схем погрузчиков непрерывного действия. Погрузчики имеют отличительные признаки, связанные с типом питателя, конструкцией рабочих органов, их количеством, характером движения, а также с видом деформации отделения частей груза от основного массива. Главным направлением обеспечения требуемой производительности при минимальной энергоёмкости погрузочных машин, является обоснование и оптимизация их режимных и конструктивных параметров. В статье приводятся исследования взаимодействия рабочих органов лапового питателя с грузом. Рассмотрено движение материала на трех участках погрузчика. Представлены аналитические выражения для определения длины траектории перемещения груза, производительности и мощности на привод. Получено выражение для определения энергоёмкости процесса погрузки, величина которой будет зависеть от пути, проходящего грузом от места отделения до разгрузки в транспортное средство.

## INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF OPERATING AND DESIGN PARAMETERS ON THE ENERGY INTENSITY OF A FEEDER WITH RAKING ELEMENTS

*Khakimzyanov R.R.*

*Russian University of Transport, Moscow*

**Keywords:** continuous loader, feeder, working bodies, cargo, trajectory, productivity, energy intensity.

**Abstract.** A wide variety of transported goods contributes to the development of many design and technological schemes for continuous loaders. Loaders have distinctive features associated with the type of feeder, the design of the working bodies, their number, the nature of the movement, as well as the type of deformation of the separation of parts of the load from the main array. The main direction of ensuring the required performance with the minimum energy consumption of loading machines is the substantiation and optimization of their operating and design parameters. The article presents studies of the interaction of the working bodies of the paw feeder with the load. The movement of material in three sections of the loader is considered. Analytical expressions are presented for determining the length of the trajectory of the movement of the load, productivity and power per drive. An expression is obtained for determining the energy intensity of the loading process, the value of which will depend on the path passing by the cargo from the place of separation to unloading into the vehicle.

**Введение.** Основой научно-технического прогресса в промышленном комплексе страны является применение новых ресурсосберегающих технологий и средств механизации, благодаря которым, возможно снижение себестоимости производимой продукции. Различие физико-механических свойств грузов, предопределило разработку множества конструктивно-технологических схем погрузчиков, приспособленных, как правило, к определенному грузу [1].

Несмотря на получение высокой производительности, параметры и режимы рабочих органов погрузчиков не всегда соответствуют физико-механическим свойствам насыпных грузов. В связи с чем, имеет место перерасход энергии, что ведет к увеличению себестоимости готовой продукции. У некоторых погрузчиков, используемых в настоящее время, энергоёмкость процесса достигает 350-400 Дж/кг. Значительный перерасход энергии связан не только с несоответствием режимных и конструктивных параметров питателя и транспортера физико-механическим свойствам буртованных грузов, но и отсутствием согласованного взаимодействия этих рабочих органов. Это свидетельствует о том, что

существующие средства механизации недостаточно исследованы относительно снижения энергоемкости, и существует резерв в совершенствовании конструкции их рабочих органов и определении оптимальных режимных параметров [2].

Исследование характера движения груза на отдельных участках, с учетом особенностей свойств буртованных грузов позволит получить выражение для определения энергоемкости в зависимости от траектории движения груза на каждом участке [3].

Каждый из указанных этапов характеризуется частной математической моделью, которая включает в себя как внешние, так и внутренние факторы. Мощность, необходимая на перемещение груза на каждом участке, зависит от режимных, конструктивных параметров погрузчика, физико-механических свойств груза, и от характера его движения, т.е. траектории, задаваемой конструктивными и режимными параметрами рабочих органов [4, 5].

Анализ технологического процесса погрузки буртованных грузов погрузчиками непрерывного действия, позволит получить траекторию движения груза с момента захвата или отделения до разгрузки в транспортное средство [6].

**Материалы и методы исследований.** При работе с уплотненными и сыпучими грузами используются погрузчики (рис. 1), навешиваемые на тракторы, переносные и передвижные транспортеры, а также самоходные подборщики с системой подвижных транспортеров – секций [7].

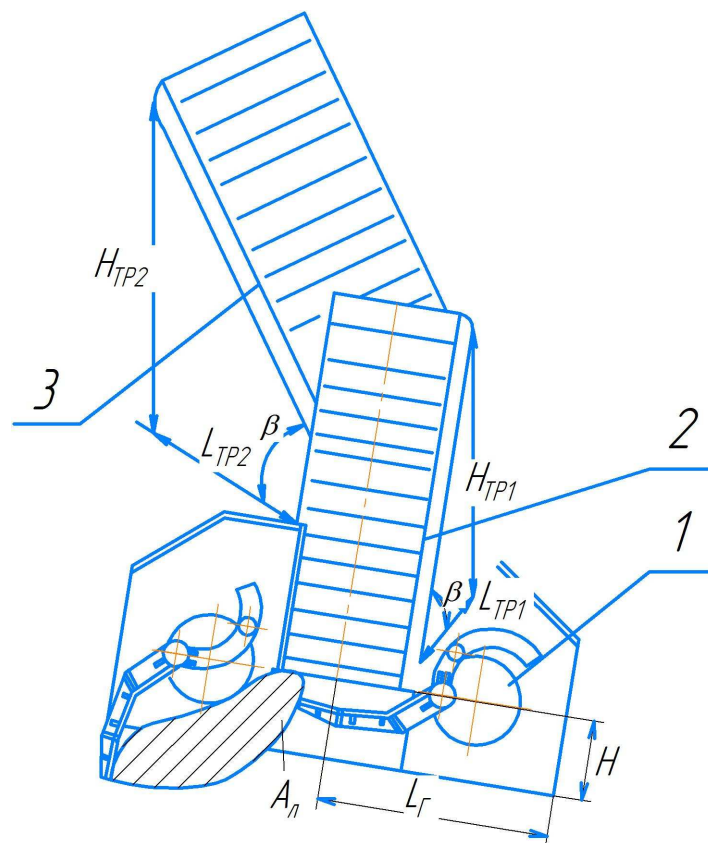


Рис. 1. Схема погрузчика уплотненных грузов: 1 – лаповый питатель; 2 – промежуточный транспортер; 3 – отгрузочный транспортер;  $H_{ТР1}$ ,  $H_{ТР2}$  – высота подъема груза соответственно промежуточным и отгрузочным транспортерами, м;  $L_{ТР1}$ ,  $L_{ТР2}$  – длина соответственно промежуточного и отгрузочного транспортеров в горизонтальной плоскости, м;  $H$ ,  $L_{Г}$  – расстояние соответственно по высоте и горизонтали от кромки платформы до отгрузочного транспортера, м;  $\beta$  – угол установки транспортера, град;  $A_{л}$  – площадь, охватываемая лапой, м<sup>2</sup>

В качестве погрузчика непрерывного действия для данных грузов рассмотрим лаповый погрузчик (рис. 1). Последний используется в основном для перегрузки в транспорт сыпучих и уплотненных грузов. Рабочее оборудование состоит из лапового питателя, расположенного перед погрузчиком, и наклонного одного или двух скребковых конвейеров, ориентированных вдоль продольной оси машины [8].

Рабочие органы расположены в коробе, широкая часть которого с лаповым питателем, загребаящим груз в короб, начинается перед машиной.

Лапа представляет собой изогнутую металлическую пластину, поставленную на ребро и средней частью шарнирно закрепленную на кривошипе вращающегося диска, установленного в широкой части короба заподлицо с днищем. Штифт в днище короба, входящий в паз в задней части лапы, вынуждает ее переднюю кромку двигаться по эллипсу, подгребая материал от боковых стенок короба к скребковому конвейеру. В приемном лотке короба симметрично установлены две лапы, двигающиеся навстречу со сдвигом по фазе и перекрывающие рабочие зоны друг друга. Груз, сгребаемый лапами к середине приемного лотка короба, попадает на цепной скребковый конвейер, поднимается им к разгрузочному концу и выгружается в кузов самосвала [9].

Определим энергоемкость процесса погрузки уплотненных грузов погрузчиком с лаповым питателем, с учетом длины траектории движения груза.

$$E_k = (P_{II} + P_{TP1} + P_{TP2}) / Q_1; \quad (1)$$

где  $E_k$  – энергоемкость погрузки уплотненных грузов, Дж/кг;  $P_{II}$  – мощность, затрачиваемая на привод питателя, Вт;  $P_{TP1}$  – мощность затрачиваемая на привод промежуточного транспортера, Вт;  $P_{TP2}$  – мощность затрачиваемая на привод отгрузочного транспортера, Вт;  $Q_1$  – производительность питателя, кг/с.

Мощность, затрачиваемая на отделение груза питателем определится по выражению:

$$P_{II} = \frac{10Vg\rho}{270t\eta} (H + L_f f_c) + \frac{VFS_1\rho}{270t\eta}, \quad (2)$$

где  $S_1$  – траектория движения груза (рис. 2), задаваемая питателем, м;  $f_c$  – коэффициент трения груза по стали;  $F$  – сопротивление перемещению груза, Н;  $S_2$  – траектория движения материала, задаваемая питателем, м;  $V$  – объем перемещаемого груза, м<sup>3</sup>;  $t$  – время рабочего хода лап, с;  $\rho$  – плотность груза, кг/м<sup>3</sup>;  $\eta$  – коэффициент полезного действия механизма привода лап.

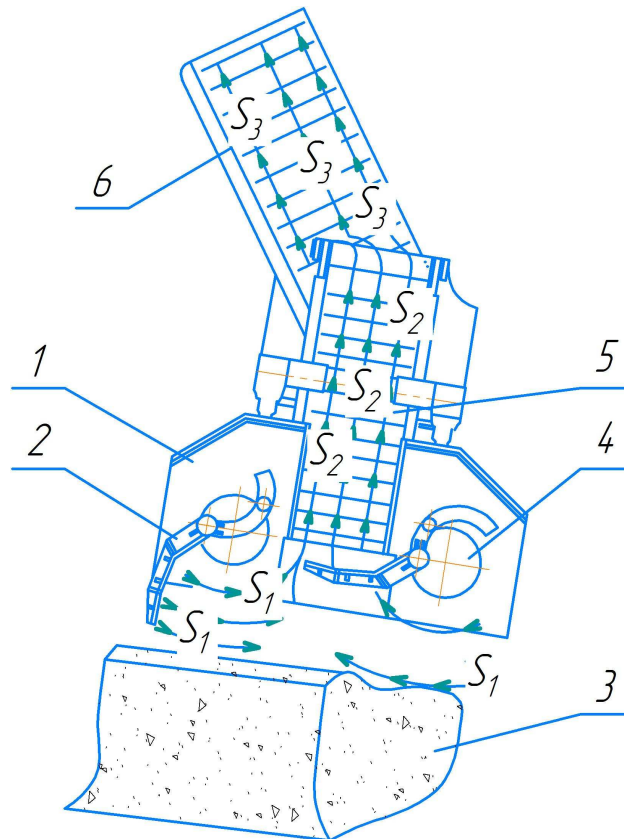


Рис. 2. Траектория движения груза: 1 – платформа; 2 – лапа; 3 – груз; 4 – приводной диск; 5 – промежуточный транспортер; 6 – отгрузочный транспортер;  $S_2$  и  $S_3$  – траектория движения груза на промежуточном и отгрузочном транспортерах соответственно, м

Мощность, затрачиваемая на привод промежуточного транспортера,

$$P_{TP1} = Q_1 g k_u (S_2 k_c \cos \beta + H_{TP1}), \quad (3)$$

где  $k_u$  – коэффициент, учитывающий потери мощности транспортеров при пуске;  $k_c$  – коэффициент сопротивления движению.

$$P_{TP2} = Q_1 g k_u (S_3 k_c \cos \beta + H_{TP2}). \quad (4)$$

В свою очередь производительность питателя определится:

$$Q_1 = 260 n V \varepsilon, \quad (5)$$

где  $n$  – число ходов лапы в 1 мин;  $\varepsilon$  – коэффициент подбора груза;  $V$  – объем материала, перемещаемый одной лапой за один ход, м<sup>3</sup>.

Производительность промежуточного  $Q_2$  и отгрузочного  $Q_3$  транспортеров должна быть больше производительности  $Q_1$  и определяется по известным методикам [10].

**Результаты.** Длина траектории перемещения груза при данной конструктивно-технологической схеме определится по выражению:

$$S = S_1 + S_2 + S_3, \quad (6)$$

$$S = Z_{\text{л}} \pi \sqrt{\frac{A_{\text{л}}}{\pi}} + \sqrt{L_{TP1}^2 + H_{TP1}^2} + \sqrt{L_{TP2}^2 + H_{TP2}^2}, \quad (7)$$

где  $Z_{\text{л}}$  – число лап питателя, шт.

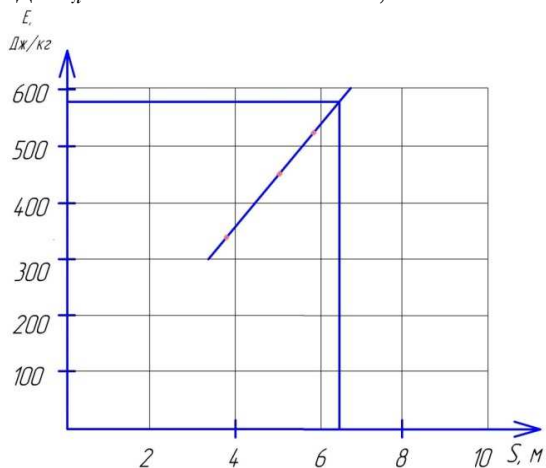


Рис. 3. Зависимость энергоемкости процесса погрузки уплотненных грузов от длины траектории движения груза

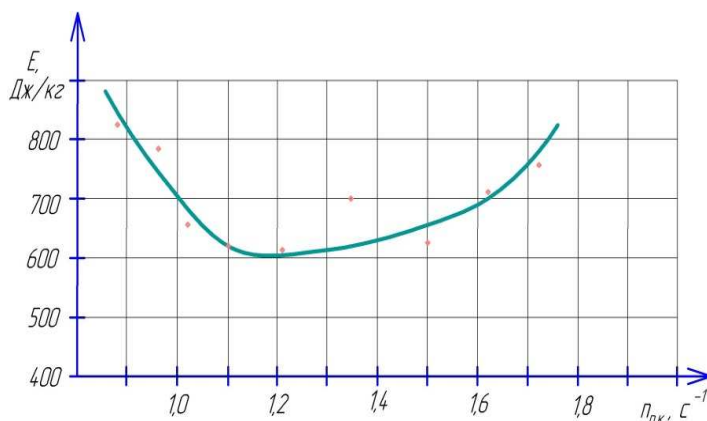


Рис. 4. Зависимость энергоемкости процесса погрузки уплотненных грузов от частоты вращения приводных дисков лап

**Заключение.** Длина траектории напрямую связана с конструктивно-технологической схемой рассматриваемого погрузчика. Минимальное значение энергоемкости погрузчика с лаповым питателем составит 580..600 Дж/кг (рис. 3) при частоте вращения приводных дисков 1,1..1,2 с<sup>-1</sup> (рис. 4). Длина траектории перемещения материала от места отделения до разгрузки в транспортное средство для данной конструктивно-технологической схемы погрузчика составит от шести до семи метров. Таким образом, энергоемкость процесса погрузки сыпучих и уплотненных грузов будет зависеть от траектории движения груза с места захвата и до места разгрузки. При проектировании погрузочных машин, с целью снижения энергоемкости, длина пути проходимая грузом должна быть минимальной.

#### Список литературы

1. Павлов П.И., Корсак В.В., Павлов И.П., Дзюбан И.Л. Экспериментальное исследование производительности погрузчика корнеклубнеплодов с лопастным питателем // Аграрный научный журнал. – 2022. – №10. – С. 108-110. – doi.org/10.28983/asj.y2022i10pp108-110.
2. Павлов П.И., Полосухин В.С. Теоретическое обоснование критериев подобию зернопогрузчика непрерывного действия с винтовым рабочим органом // Аграрный научный журнал. – 2021. – №7. – С. 95-99. – doi.org/10.28983/asj.y2021i7pp95-99.
3. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины. – М.: Машиностроение, 1983. – 487 с.

4. Хахимзянов Р.Р., Маштаков А.П., Хахимзянов Р.Р. Анализ энергоемкости технологического процесса погрузки уплотненных грузов // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2022. – №17-1. – С. 90-95. – doi.org/10.26160/2658-3305-2022-17-90-95.
5. Павлов П.И., Демин Е.Е., Хахимзянов Р.Р., Левченко Г.В., Везилов А.О. Механизация технологического процесса подготовки почвы для теплиц // Международный журнал по машиностроению и технологии. – 2018. – Т. 9., №3. – С. 1023-1030.
6. Хахимзянов Р.Р., Павлов И.П. Конструктивно-технологическая схема напорно-лопастного питателя погрузчика непрерывного действия // Научная мысль. – 2016. – №5. – С. 39-41.
7. Демин Е.Е., Глазунов М.В., Комиссаров А.А., Бубнов Е.В. Система уравнений, описывающих поверхность геликоида шнека-мотовила для уборки подсолнечника // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники: Материалы Национальной научно-технической конференции с международным участием имени В.В. Михайлова. – Саратов: ООО "Амирит", 2020. – С. 149-155.
8. Павлов П.И., Полосухин В.С. Метод повышения эффективности погрузчиков непрерывного действия для буртованных грузов // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники: Материалы Международного научно-технического семинара имени В.В. Михайлова. – Саратов: ООО "Амирит", 2019. – С. 197-202.
9. Павлов П.И., Корсак В.В., Везилов А.О., Мухин Д.В. Исследование влияния конструктивных и режимных параметров комбинированного укладчика на мощность привода рабочих органов // Аграрный научный журнал. – 2019. – №5. – С. 82-85. – doi.org/ 10.28983/asj.y2019i5pp82-85.
10. Павлов П.И., Корсак В.В., Овчинникова Т.В. Экспериментальное исследование мощности для привода пневмовинтовой установки при транспортировании зерна // Аграрный научный журнал. – 2018. – №5. – С. 56-58. – doi.org/ 10.28983/asj.v0i5.477.

#### References

1. Pavlov P.I., Korsak V.V., Pavlov I.P., Dzyuban I.L. Experimental study of the productivity of a loader of root crops with a paddle feeder // Agrarian Scientific Journal. 2022, no. 10, pp. 108-110. doi.org/10.28983/asj.y2022i10pp108-110.
2. Pavlov P.I., Polosukhin V.S. Theoretical substantiation of the similarity criteria of a continuous grain loader with a screw working body // Agrarian Scientific Journal. 2021, no. 7, pp. 95-99. doi.org/10.28983/asj.y2021i7pp95-99.
3. Spivakovskiy A.O., Dyachkov V.K. – M.: Mechanical Engineering, 1983. – 487 p.
4. Khakimzyanov R.R., Mashtakov A.P., Khakimzyanov R.R. Analysis of the energy intensity of the technological process of loading compacted cargo // Transport, mining and construction engineering: science and production. 2022, no. 17-1, pp. 90-95. doi.org/10.26160/2658-3305-2022-17-90-95.
5. Pavlov P.I., Demin E.E., Khakimzyanov R.R., Levchenko G.V., Vezirov A.O. Mechanization of soil preparation for greenhouses // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2018, vol. 9, no. 3, pp. 1023-1030.
6. Khakimzyanov R.R., Pavlov I.P. Constructive and technological scheme of a pressure-blade feeder of a continuous loader // Scientific thought. 2016, no. 5, pp. 39-41.
7. Demin E.E., Glazunov M.V., Komissarov A.A., Bubnov E.V. System of equations describing the surface of the helikoid of a screw-reel for harvesting sunflower // Problems of efficiency and operation of automotive equipment: Materials of the V.V. Mikhailov National Scientific and Technical Conference with international participation. – Saratov: LLC "Amirit", 2020. – P. 149-155.
8. Pavlov P.I., Polosukhin V.S. Method of increasing the efficiency of continuous loaders for bulked loads // Problems of efficiency and operation of automotive equipment: Materials of the International Scientific and Technical Seminar named after V.V. Mikhailov. – Saratov: LLC "Amirit", 2019. – P. 197-202.
9. Pavlov P.I., Korsak V.V., Vezirov A.O., Mukhin D.V. Investigation of the influence of design and operating parameters of a combined stacker on the drive power of working bodies // Agrarian Scientific Journal. 2019, no. 5, pp. 82-85. doi.org/ 10.28983/asj.y2019i5pp82-85.
10. Pavlov P.I., Korsak V.V., Ovchinnikova T.V. Experimental study of power for the drive of a pneumatic screw installation during grain transportation // Agrarian Scientific Journal. 2018, no. 5. pp. 56-58. doi.org/ 10.28983/asj.v0i5.477.

*Сведения об авторах:*

*Information about authors:*

<p><b>Хахимзянов Рустам Рафитович</b> – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Транспортное строительство»</p>	<p><b>Khakimzyanov Rustam Rafitovich</b> – doctor of technical sciences, professor, professor of the Department of “Transport Construction”</p>
<p>khakrr@yandex.ru</p>	

Получена 09.02.2023