

УДК 621.86

РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ПАРКА БУНКЕРОВ И КУЗОВОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА НАСЫПНЫХ ГРУЗАХ

© 2007 В.С. Горюшинский, В.А. Кожевников, М.П. Губарев

Самарский государственный университет путей сообщения

Рассмотрено новое устройство для обеспечения бесперебойной работы бункеров и кузовов транспортных средств.

Хранение насыпных грузов, в бункерах и других емкостях сопряжено с перебоями истечения содержимого и уменьшения вследствие этого их полезного объема. Это происходит из-за образования сводов, объем, и количество которых, зависит от таких факторов как конструкция емкости, количества влаги, фракционного состава и угла естественного откоса насыпного груза и т.п., а так же такие факторы как вместимость бункера, сроки хранения и транспортноскладские операции с содержимым емкости.

Решение проблемы выпуска насыпных грузов не только создаст условия для бесперебойной работы емкостей, но и снизит физические нагрузки на обслуживающий персонал, повысит качество груза и долговечность конструкции.

Применение стационарных и мобильных сводоразрушителей, оснащенных отклоняемым рабочим органом, с помощью которого происходит очистка внутренней поверхности емкостей, позволяет предотвратить образование

сводов, а значит поддерживать постоянную готовность емкости к работе, в независимости от характеристик груза.

Установка стационарных сводоразрушителей-очистителей должна производиться в местах постоянного образования сводов, а их мобильных вариантов через небольшие промежутки времени, в местах незначительного сводообразования.

Схема переносного сводообрушающего устройства (ПСОУ) представлена на рис. 1. В стенке бункера 2 изготавливается технологическое отверстие, в котором закрепляется гильза 3. В полости гильзы расположен полый вал 4, который при своем вращении позволяет рабочему органу 1 постепенно отклоняться в сторону стенки и производить обрушение свода. Полый вал получает вращение от электродвигателя 6 через редуктор 5.

Процесс выпуска слежавшегося груза из бункера при использовании ПСОУ состоит из трех этапов.

Первый этап. Принудительное разрыхление слежавшегося материала рабочим органом ПСОУ длиной L_0 при отклонении на угол β в зоне некоторого объема V_I , расположенного над сводом (рис. 2,а). Здесь вследствие разуплотнения груза, наблюдается рост его давления, приводящий совместно с давлением, создаваемым самим рабочим органом при отклонении к разрушению перемычки груза высотой h располагаемой между рабочим органом и линией свода. Через образованное таким образом на месте перемычки отверстие из объема V_I высыпается весь груз.

Второй этап. Принудительная выгрузка слежавшегося груза из зоны объемом V_{II} (рис. 2,б), расположенной с внешней сторо-

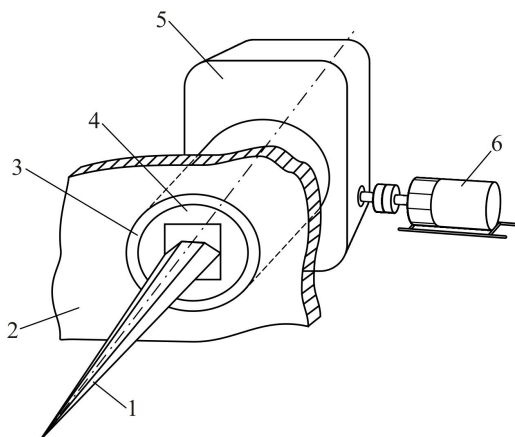


Рис. 1. Лабораторный образец ПСОУ

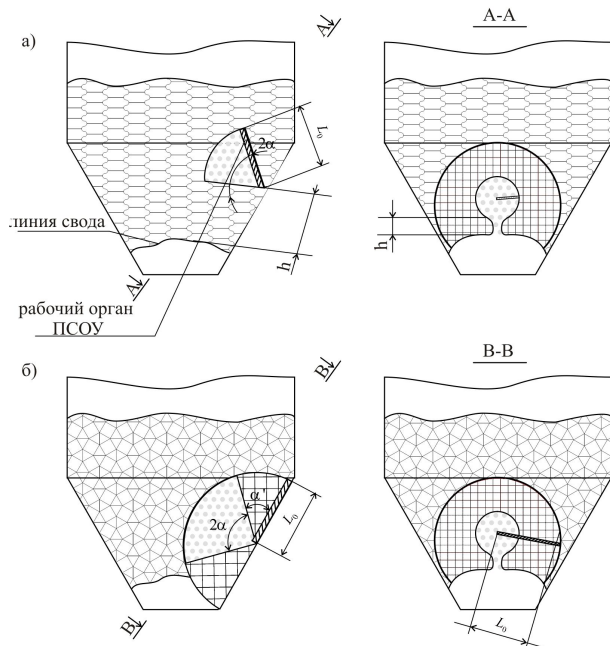


Рис. 2. Этапы выгрузки слежавшегося груза из бункера с использованием ПСОУ: а – первый этап выгрузки; б – второй и третий этапы

 - V_I ;
  - V_{II} ;
  - V_{III}

ны объема V_I путем послойного срезания груза рабочим органом, отклоняющимся на угол α' до соприкосновения со стенкой бункера.

Третий этап. После соприкосновения рабочих органов со стеной емкости самопроизвольная выгрузка объема груза V_{III} (рис. 2, б), располагаемого с внешней стороны границы объема V_{II} являющегося для объема V_{III} основной удаляемой опорой. Третий этап может начаться и раньше, пока рабочие органы и не достигли внутренней поверхности стенки емкости.

Из выше сказанного следует, что энергозатраты сопровождают только первые два этапа выгрузки, когда работает ПСОУ

Как показали эксперименты второй этап выгрузки является самым энергоемким. Для определения значения энергозатрат необходимо определить силы, действующие на рабочий орган при взаимодействии с хранимым в бункере грузом. На данном этапе процесса выгрузки взаимодействие рабочего органа ПСОУ с грузом подобно взаимодействию клиновидного рабочего органа строительной машины с грунтом.

Геометрические параметры рабочего органа ПСОУ представлены на рис. 3, 4. Длина режущей кромки соответствует длине ра-

бочего органа L_0 , угол заострения ψ , задний угол u , передний угол z , угол резания $\delta = \psi + u$ и толщина условной стружки S_L равная отклонению рабочего органа в сторону стенки бункера за один оборот, м.

Известна формула, используемая в настоящее время для определения касательной составляющей силы сопротивления при резании грунта

$$P_{01} = P_p + P_m + P_{np}, \quad (1)$$

где P_p – сопротивление трению от перемещения рабочего органа по грунту, Н; P_m – сопротивление резанию, Н; P_{np} – сопротивление призмы волочения, Н.

Применительно к нашим условиям формула касательной составляющей сопротивления срезанию слоя слежавшегося груза в бункере имеет вид

$$P_{01} = P_m + P_p = \mu N + k L_0 S_L, \quad (2)$$

где P_m – в отличие от (1), сопротивление трению от перемещения рабочего органа по грузу, Н; N – давление рабочего органа на материал, Па; μ – коэффициент трения отвала по грунту; k – удельное сопротивление резанию, Па.

В полученной формуле отсутствует составляющая сопротивления призмы волочения, что подтверждено наблюдениями в ходе эксперимента.

В установившемся процессе резания нормальная составляющая ее силы связана с касательной коэффициентом m , зависящим от режима работы, угла резания и затупления режущей кромки

$$P_{02} = \psi P_{01}. \quad (3)$$

Для выполнения работы по удалению слежавшегося материала из объема V_{II} необходимо приложить к каждому рабочему органу длиной L_0 , крутящий момент M_{01} (для преодоления каждой из составляющих силы P_{01}) и изгибающий момент M_{02} (для преодоления силы P_{02}). Указанные моменты создаются при вращении и отклонении рабочего органа соответственно.

При углублении рабочего органа OA (рис. 3) в крайней точке A за один оборот на величину S_L и занятии им положения OAr , углубление элементарного участка рабочего органа длиной dL , расположенного на расстоянии L от точки O будет составлять

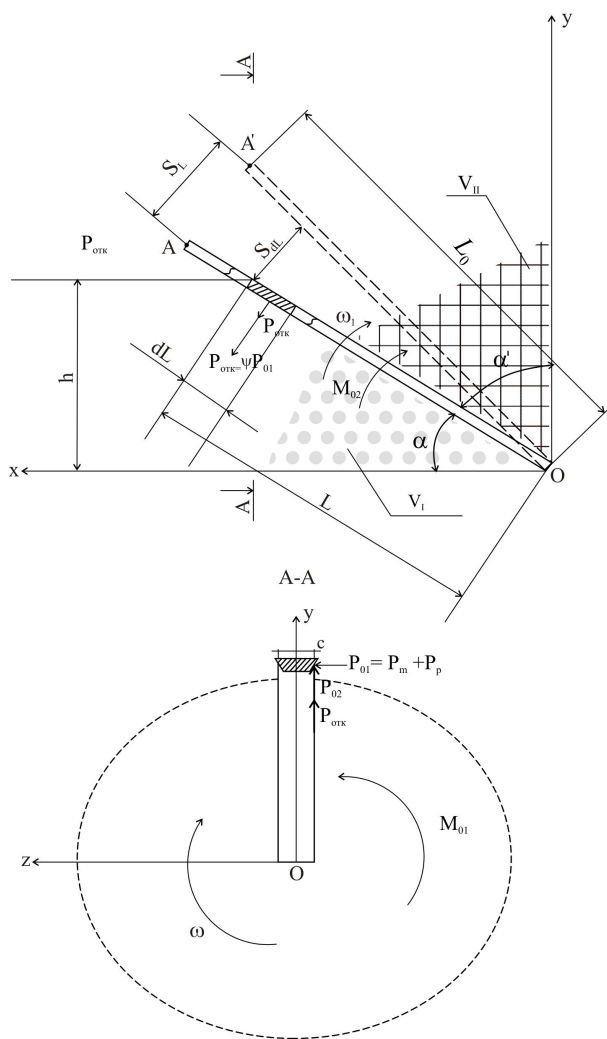


Рис. 3. Схема действия сил на рабочий орган ПСОУ при различных объемах V_{II} груза

$$S_{dL} = \frac{S_L L}{L_0} \quad (4)$$

Усилие резания dP_p , возникающее на длине элементарного участка dL согласно (4) и крутящий момент dM_p составят

$$dP_p = k \left(\frac{S_L L}{L_0} \right) dL \quad (5)$$

$$dM_p = dP_p h \quad (6)$$

Проинтегрировав (6) по длине рабочего органа от 0 до L_0 , определим момент силы резания, действующей на весь рабочий орган

$$M_p = k S_L \left(\frac{L_0^2 \sin \alpha'}{3} \right) \quad (7)$$

Сопротивление от трения между элементарным участком грани рабочего органа шириной c и грузом, возникающая из-за действия

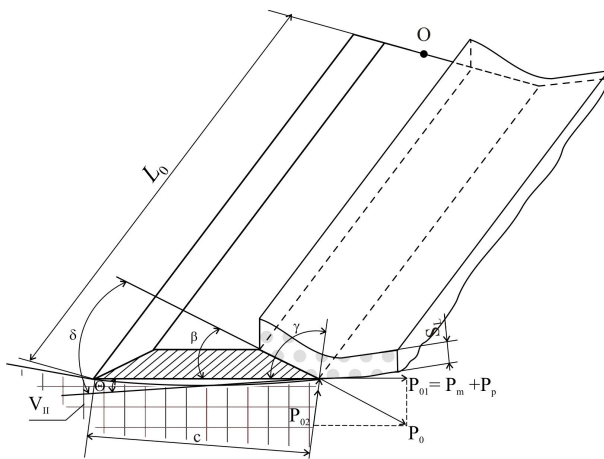


Рис. 4. Взаимодействие рабочего органа

силы $dP_{отк}$ принудительного отклонения рабочего органа направленная на преодоление давления слежавшегося груза, составит

$$dP_m = \mu \cdot dP_{отк} = \mu p c \cdot dL \quad (8)$$

где $p = \sqrt{\sigma_\tau^2 + \sigma_n^2}$ – давление на лобовую грань рабочего органа, определяемое, как векторная сумма нормальных y_n и касательных y_ϕ напряжений груза, возникающих на глубине расположения рабочего органа в бункере, Па

Крутящий момент, создаваемый силой dP_m на элементарном участке рабочего органа

$$dM_m = dP_m h \quad (9)$$

Проинтегрировав (9) по всей длине рабочего органа от 0 до L_0 , найдем момент M_m , действующий на весь рабочий орган

$$M_m = \mu p c \frac{L_0^2 \sin \alpha'}{2} \quad (10)$$

Для преодоления крутящего момента $M_{01} = M_p + M_m$ необходима мощность

$$N_{01} = (M_p + M_m) \omega \quad (11)$$

где ω – угловая скорость вращения рабочего органа, c^1 ;

С учетом (7) и (10) формула (11) примет вид

$$N_{01} = L_0^2 \sin \alpha' \left(\frac{k S_L}{3} + \frac{\mu p c}{2} \right) \omega \quad (12)$$

Энергозатраты на развитие мощности N_{01} за элементарный момент времени dt составят

$$dW_{01} = N_{01} dt \quad (13)$$

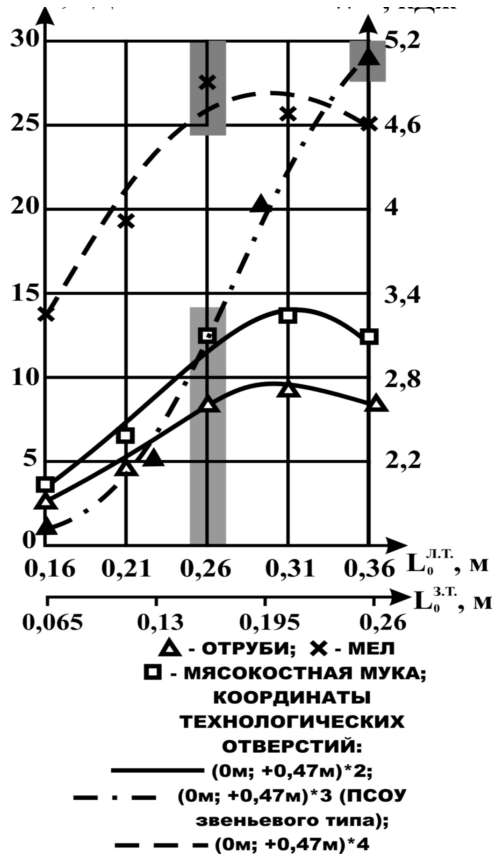


Рис. 5. Зависимости энергозатрат на выпуск материалов из бункера рабочими органами ПСОУ от их длины

Угол отклонения рабочего органа в процессе работы связан с угловой скоростью ω_l отклонения относительно точки О выражением

$$dt = \frac{d\alpha'}{\omega_l}, \quad (14)$$

где $d\alpha'$ — угол отклонения рабочего органа за время dt , рад.

Время одного оборота рабочего органа τ :

$$\tau = \frac{2\pi}{\omega}. \quad (15)$$

Рабочий орган OA в крайней точке A за один оборот рабочего органа углубится на величину S_L и займет положение OAt . При этом угол его отклонения составит величину S_L/L_0

$$\frac{S_L}{L_0} = \omega_l \tau. \quad (16)$$

Подставив (15) в (16) и, сделав некоторые преобразования, получим соотношение между угловыми скоростями ω и ω_l

$$\omega_l = \frac{\omega S_L}{2\pi L_0}. \quad (17)$$

Сила dP_{02} , возникающая на длине элементарного участка dL и изгибающий момент dM_{02} , возникающий при отклонении рабочего органа

$$dP_{02} = \psi(dP_p + dP_m) = \psi \left[k \left(\frac{S_L L}{L_0} \right) + \mu p c \right] \cdot dL. \quad (18)$$

$$dM_{02} = dP_{02} L. \quad (19)$$

Проинтегрировав (19) по всей длине рабочего органа от 0 до L_0 с учетом (5) и (8), получим изгибающий момент, действующий на весь рабочий орган

$$M_{02} = L_0^2 \psi \left(\frac{k S_L}{3} + \frac{\mu p c}{2} \right). \quad (20)$$

Мощность, затрачиваемая на создание M_{02} момента с учетом (20) составит

$$N_{02} = M_{02} \omega_l = L_0^2 \psi \left(\frac{k S_L}{3} + \frac{\mu p c}{2} \right) \omega_l. \quad (21)$$

Энергозатраты на развитие мощности в течение элементарного момента времени dt

$$dW_{02} = N_{02} dt. \quad (22)$$

Подставив (12), (14) и (17) в (13), а также (21) и (14) в (22) и, проинтегрировав сумму двух полученных выражений по α' , получим энергозатраты в течение всего времени разрыхления объема V_{II}

$$W_{II} = L_0^2 \pi \alpha' \cos \alpha' \left(\frac{2kL_0}{3} + \frac{\mu p c L_0}{S_L} + \frac{\psi k S_L}{3} + \frac{\psi \mu p c}{2} \right).$$

Были проведены исследования влияния длины рабочих органов ПСОУ на энергозатратность процесса выгрузки. Характер полученных зависимостей сходен с характером изменения объемов пространств, охватываемых рабочими органами.

Изменение длины в интервале 0,16...0,31 м сопровождалось увеличением потребляемой энергии при выпуске из бункера отрубей с 2,6 кДж до 9,1 кДж и мясокостной муки с 3,75 кДж до 13,91 кДж соответственно (рис. 5).

В интервале длины рабочих органов 0,31...0,36 м происходило незначительное снижение энергозатрат до 7,83 кДж и 12,44 кДж для отрубей и мясокостной муки соответственно.

Рост значений энергозатрат при выгрузке из бункера мела происходил с 13,85 кДж до 27,08 кДж и остановился при значении длины рабочих органов 0,26 м. Дальнейшее увеличение длины привело к снижению энер-

гоемкости выпуска до 25,18 кДж ввиду уменьшения объема охватываемого ими пространства и, как следствие, уменьшения совершаемой работы. Представленные зависимости энергозатрат соответствуют координатам рас-

положения технологических отверстий, обеспечивающим полное опорожнение емкостей. Выделенными зонами на графиках обозначены длины рабочих органов обеспечивающие эффективную разгрузку бункера.

EXPANSION OF FUNCTIONALITIES OF EXISTING PARK OF BUNKERS AND BODIES OF VEHICLES ON BULK CARGOES

© 2007 V.S.Gorjushinsky, V.A.Kozhevnikov, M.P.Gubarev

Samara State University of Means of Communication

The new device for maintenance of troublefree work of bunkers and bodies of vehicles is considered.