

УДК 621.878.27

Е.А. Манакин, канд. техн. наук, доц.,
А.Ю. Демишев, магистрант,
Донецкий национальный технический университет

СПОСОБ СНИЖЕНИЯ НАЛИПАНИЯ ГРУЗА НА СТЕНКАХ КОВША СКРЕПЕРА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЯ ТЯГАЧА

Предложен способ снижения количества налипшего грунта на стенки ковша, приведена методика расчета температуры стенки канала при прохождении по нему горячих отработавших газов двигателя.

скрепер, ковш, стенка, подогрев, газ, налипание, грунт, груз, расчет, параметр, диаметр, канал, температура

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Процесс выгрузки грунта из рабочих органов землеройно-транспортных машин в настоящее время сопровождается некоторыми проблемами. Одной из них является налипание грунта на рабочие поверхности и, как следствие, уменьшение полезного объема рабочего органа при дальнейшей работе вплоть до очистки вручную или механизированным способом [1].

Скрепер, рабочим органом которого является ковш с ножевой системой, не стал исключением. Проблема выгрузки транспортируемого груза приобретает огромное значение при работе в невысоких температурах и на влажных дисперсных грунтах.

Остаточный объем налипшего грунта после выгрузки может составлять до 20% геометрического объема ковша (в зависимости от ряда параметров), таким образом, значительно снижается производительность, экономичность и эффективность машины. Следовательно, решение проблемы налипания грунта на стенки и днище ковша становится важнейшей задачей на пути к усовершенствованию машины.

Анализ исследований и публикаций. В работе [1] С.А. Гончаров изложил теорию перемещения и складирования горной массы, описал закономерности поведения дисперсных влажных масс при контакте с твердыми поверхностями и др. В источнике [2] описаны существующие конструкции ковша скрепера, разработанные украинскими учеными, такими как: Л.А. Хмара, Г.А. Богиня, С.А. Карпушин и др. Эти конструкции, так или иначе, направлены на борьбу с налипанием грунта, на улучшение скорости и качества разгрузки ковша. В работе

[3], кроме всего прочего, приведены теоретические положения, описывающие процесс теплообмена между жидкими, газообразными и твердыми телами. В источнике [4] приведены конструкция и характеристики двигателей, применяемых в скреперах и других землеройно-транспортных машинах.

Постановка задачи. Теория и практика показали, что подогрев поверхности контакта рабочих органов землеройно-транспортных машин с грунтом является одним из наиболее эффективных методов снижения объема налипшего грунта наряду с принудительной разгрузкой и механической очисткой поверхности [1].

Целью настоящей работы является обоснование способа реализации подогрева поверхности контакта ковша скрепера с грунтом. Для этого необходимо определить, как будет влиять подогрев поверхности разогретыми отработавшими газами двигателя на ее температуру в зависимости от геометрических характеристик ковша, получить значения геометрических параметров газового канала, которые обеспечат необходимую температуру поверхности. Такая задача применительно к скреперам до настоящего времени не ставилась.

Изложение материала и результаты. Расчет температуры стенки канала, нагреваемой отработавшими газами двигателя скрепера в зависимости от геометрических параметров ковша, температуры и объема выхлопных газов двигателя произведен на основании [3,4].

В теории теплообмена жидкие и газообразные теплоносители называют термином «жидкость». Для произведения расчетов необходимо определить характер движения жидкости внутри канала, для этого рассчитывается число Рейнольдса:

$$Re = \frac{\bar{\omega}d}{\nu}, \quad (1)$$

где: $\bar{\omega}$ – средняя скорость потока, м/с;

d – диаметр (для круглой трубы) или эквивалентный диаметр (для трубы произвольного сечения), м;

ν – кинематический коэффициент вязкости жидкости, м²/с.

$$\bar{\omega} = \frac{V}{F}, \quad (2)$$

где: V – секундный объем жидкости, м³/с;

F – площадь поперечного сечения трубы, м².

Число Грасгофа:

$$Gr = \frac{\beta g l^3 \Delta t}{\nu^2}, \quad (3)$$

где: β – коэффициент объемного расширения среды, для газа $\beta=1/T$;
 l – длина трубы, м;
 Δt – разность температур жидкости и стенки, град.
 g – ускорение свободного падения, м/с².

В зависимости от характера движения жидкости рассчитывается число Нуссельта для ламинарного, турбулентного и переходного режимов по различным эмпирическим формулам, соответственно:

$$\overline{Nu}_{жс} = 0,15 Re_{жс}^{0,33} Pr_{жс}^{0,43} Gr_{жс}^{0,1} (Pr_{жс}/Pr_{ст})^{0,25}, \quad (4)$$

где: $Pr_{жс}, Pr_{ст}$ – число Прандтля при температуре жидкости и при температуре стенки.

$$\overline{Nu}_{жс} = 0,021 Re_{жс}^{0,8} Pr_{жс}^{0,43} (Pr_{жс}/Pr_{ст})^{0,25}, \quad (5)$$

$$\overline{Nu}_{жс} = 0,13 Re_{жс}^{0,33} Pr_{жс}^{-0,43} Gr_{жс}^{0,1} (Pr_{жс}/Pr_{ст})^{-0,25}. \quad (6)$$

Далее рассчитывается средний коэффициент теплоотдачи $\bar{\alpha}$, Вт/м²·град:

$$\bar{\alpha} = \overline{Nu}_{жс} \cdot \frac{\lambda}{d}, \quad (7)$$

где: λ – коэффициент теплопроводности жидкости, Вт/м·град.

Полученное значение коэффициента теплоотдачи справедливо при $l/d \geq 50$. В противном случае необходимо ввести поправочный коэффициент $\bar{\epsilon}_l$.

$$\bar{\alpha} = \bar{\alpha} \cdot \bar{\epsilon}_l, \quad (8)$$

Значения поправочного коэффициента зависят от соотношения l/d и получены эмпирическими методами [3].

Рассчитывается температура стенки после нагрева, К:

$$t'_{ст} = \frac{Q \cdot h_{ст}}{S \cdot \lambda_{ст}} + t_{ст}, \quad (9)$$

де: Q – количество теплоты, отданное жидкостью стенке, Вт;
 $h_{ст}$ – толщина стенки, м;
 S – площадь контакта жидкости со стенкой, м²;
 $\lambda_{ст}$ – коэффициент теплопроводности стенки, Вт/(м·град);
 $t_{ст}$ – температура окружающей среды, К.

$$Q = \bar{\alpha} S \Delta t. \quad (10)$$

Тогда:

$$t'_{ст} = \frac{\bar{\alpha} h_{ст} \Delta t}{\lambda_{ст}} + t_{ст}. \quad (11)$$

Для определения геометрических параметров газового канала составлена математическая модель, описывающая зависимость температуры подогреваемой поверхности от геометрических параметров ковша.

Приняты следующие допущения. Так как выхлопные газы двигателя на 76-78% объема состоят из газа N_2 [4], в качестве жидкости принят азот, температура $T = 500^\circ\text{C}$ и секундный объем жидкости $V = 0,5\text{ м}^3/\text{с}$ приняты постоянными как для установившегося режима работы двигателя [4]. Длина канала $l=3\text{ м}$ и толщина стенки $h_{cm}=0,04\text{ м}$ приняты постоянными в соответствии с усредненными геометрическими параметрами ковшей скреперов.

В итоге получаем обобщенную зависимость конечной температуры стенки от всех исходных данных, учитывая все принятые допущения:

$$t'_{cm} = f(d). \quad (12)$$

Задача сводится к определению эквивалентного диаметра канала, обеспечивающего оптимальную температуру стенки. Остальные входные параметры являются постоянными. Температура поверхности контакта 120°C (393 K) является оптимальной для уменьшения значения силы адгезии [2].

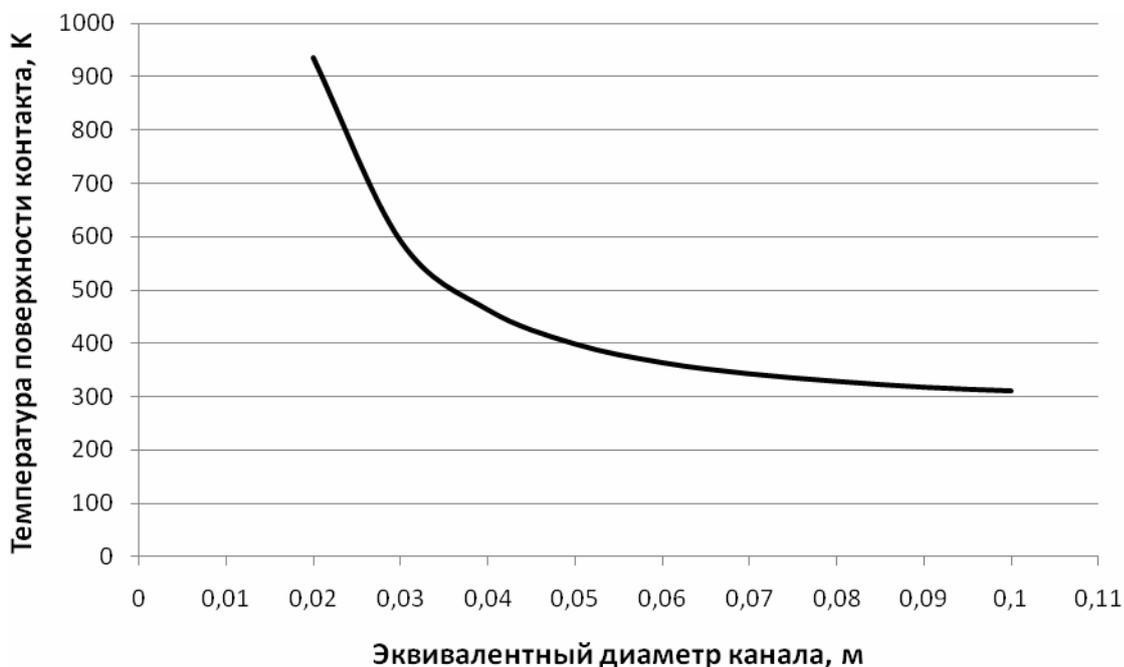


Рисунок 1 - График зависимости температуры поверхности $t'_{ст}$ от эквивалентного диаметра газового канала d .

Расчет температуры произведен для нескольких значений эквивалентного диаметра канала. Результаты представлены на рис.1 в ви-

де графика. На основании результатов можно сказать, что целесообразным значением эквивалентного диаметра газового канала, обеспечивающего температуру стенки, близкую к оптимальной, является значение $d = 0,05$ м. При таком значении d температура стенки $t'_{cm} = 399K(126^{\circ}C)$.

Эквивалентный диаметр для канала прямоугольного сечения рассчитывался по формуле эквивалентного сечения:

$$d = 2 \sqrt{\left(\frac{a \cdot b}{\pi}\right)}, \quad (13)$$

где: a, b – стороны прямоугольника, м.

На основании результатов исследования приняты следующие геометрические параметры газового канала:

$$l = 3\text{м}, h_{ct} = 0,04\text{м}, a = 0,06\text{м}, b = 0,033\text{м}.$$

При постоянных температуре выхлопных газов и секундном объеме жидкости выбранные параметры обеспечивают необходимую температуру поверхности контакта ковша скрепера с грунтом.

Выводы. Результаты исследования показали, что использование отработавших газов двигателя для подогрева поверхности контакта может обеспечить необходимую температуру для эффективного уменьшения количества налипшего грунта. Получены геометрические параметры газового канала, обеспечивающие нужный эффект. Стоит заметить, что данные параметры не окончательны и требуют уточнения в зависимости от конкретной конструкции ковша и используемого двигателя.

Для использования отработавших газов двигателя при подогреве ковша необходима небольшая модификация конструкции, а именно: необходимо сконструировать систему каналов на внешней или внутренней поверхности стенок ковша для прохождения по ним уже нагретых газов и обеспечить связь этой системы с выхлопной системой тягача скрепера.

Таким образом:

- отпадает необходимость в дополнительных энергозатратах, в разработке каких-либо сложных систем с нагревательными элементами, кабелями и т. д., как, например, при электрическом подогреве;
- обеспечивается относительная простота конструкции ковша по сравнению с известными способами принудительной выгрузки и очистки, например, разгрузка посредством подвижной задней стенки, шнеков, гибкого ленточного днища [2];

- достигается пассивная очистка ковша, т.е. без произведения каких-либо дополнительных действий (поверхность контакта подогревается в процессе транспортирования грунта).

Из приведенного выше следует, что разработка конструкции ковша скрепера с системой подогрева поверхности контакта отработавшими газами двигателя является перспективным направлением работы по увеличению производительности и экономичности скрепера в результате увеличения полезного объема ковша.

Список литературы

1. Гончаров С.А. Перемещение и складирование горной массы / С.А. Гончаров. – М.: Издательство Московского горного университета, 1996. - 285 с.
2. Описания изобретений (полезных моделей) патентов Украины №5303 С1, №59669 А, №4920 U, №31977 А, №53997 А.
3. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача: учебн. пособие для неэнергетических специальностей вузов / В.В. Нащокин. – М.: Высшая школа, 1975. – 496 с.
4. Чернышев Г.Д. Двигатели ЯМЗ-236, ЯМЗ-238 / Г.Д. Чернышев, М.В. Ершов, Д.Н. Крашениников, и др. – М.: Машиностроение, 1968. - 230 с.

Є.А.Манакин, А.Ю.Демішев. Спосіб зниження налипання вантажу на стінки ковша скрепера за рахунок використання відпрацьованих газів двигуна тягача. Запропоновано спосіб зниження кількості налиплого ґрунту на стінки ковша, наведено методику розрахунку температури стінки каналу при проходженні по ньому гарячих відпрацьованих газів двигуна.

скрепер, ківш, стінка, підігрів, газ, налипання, ґрунт, вантаж, розрахунок, параметр, діаметр, канал, температура

E.Manakyn, A.Demishev. How to Reduce the Buildup of Cargo on the Walls of a Scraper Bucket through the use of Exhaust Gas of a Tractor Engine. A method for reducing the amount of soil adhering to the walls of the bucket, the technique of calculating the temperature of the tunnel wall during the passage of the heated exhaust gases from the engine was proposed.

scraper, bucket, wall, heating, gas, buildup, soil, cargo, calculation, parameter, diameter, tunnel, temperature

Стаття надійшла до редколегії 06.10.2010

Рецензент: проф. каф. ГЗТіЛ, д-р техн. наук, В.І. Дворніков

© Манакин Е.А., Демишев А.Ю., 2010