

РАЗДЕЛ I

ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 621.878.62

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СКРЕПЕРА С РОТОРНОЙ ЗАГРУЗКОЙ

А.И. Демиденко, А.Б. Летопольский, Д.С. Семкин
ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. Предложена конструкция скрепера с роторной загрузкой. Обосновывается расположение лопастей ротора для обеспечения загрузки ковша и его полной разгрузки. Рассматривается вопрос высоты наполнения ковша скрепера и расположение вала ротора для обеспечения работы скрепера без толкача. Представлены расчетные зависимости для определения вместимости ковша скрепера с роторной загрузкой, радиуса окружности ротора и высоты боковых стенок ковша. Даются рекомендации угла наклона задней стенки ковша к вертикали и расположение подножечной плиты.

Ключевые слова: скрепер, ковш скрепера, роторная загрузка, расчет параметров.

Введение

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования процесса наполнения ковша скрепера грунтом показали, что грунт в ковше движется потоком, расширяющимся кверху и ограниченным задней наклонной плоскостью сдвига, угол наклона которой к вертикали зависит от высоты наполнения, длины ковша, угла резания и характеристики грунта. И, как показывают расчеты и экспериментальные

исследования, для средних грунтовых условий (супесь, суглинок) и высотах наполнения ($H=1,1-1,6$) соответствующих ковшей ($V=3-10 \text{ м}^3$), этот угол равен $30-50^\circ$.

Процесс наполнения ковша скрепера с роторной загрузкой.

Для правильного выбора параметров скрепера с роторной загрузкой (рис.1) необходимо проанализировать процесс копания грунта [1,2,3].

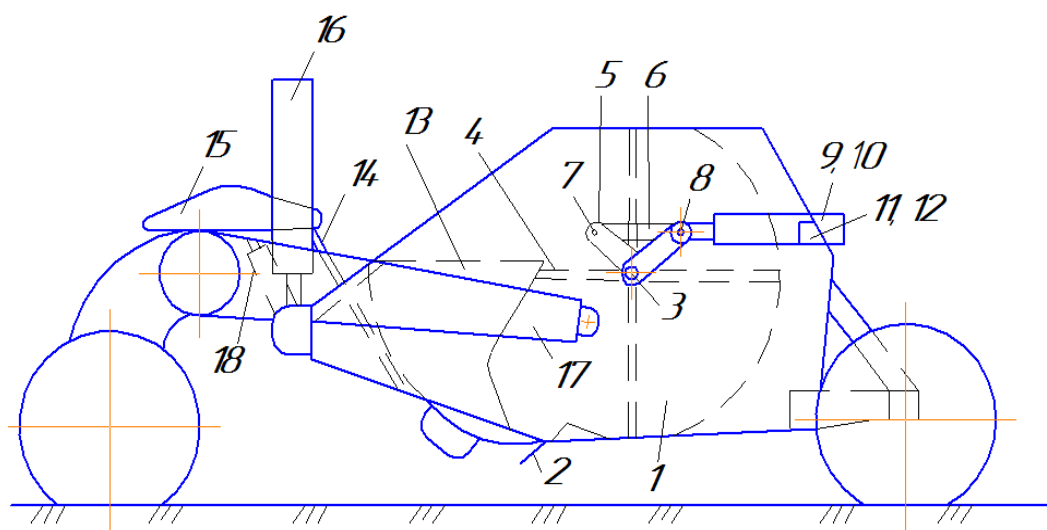


Рис.1. Схема скрепера с роторной загрузкой:

- 1 - ковш; 2 - нож; 3 - вал; 4 - лопасти; 5,6 - рычаги; 7,8 - пальцы; 9,10 - гидроцилиндры поворота;
11, 12 - кронштейны; 13 - заслонка; 14 - тяга; 15 - рычаг; 16 - гидроцилиндр подъема ковша;
17 - тяговая рама; 18 - гидроцилиндр заслонки

Если задняя стенка находится за плоскостью сдвига, то она не препятствует поступлению грунта в ковш, если же задняя стенка находится спереди этой плоскости, то она препятствует поступлению грунта в ковш, и чем меньше этот угол, тем больше сопротивление копанью.

Поэтому если перейти к месту расположения лопасти во время набора ротором с четырьмя лопастями, то одна из лопастей должна ограничивать длину ковша, а вторая высоту, т.е. место расположения лопасти по длине ковша должно соответствовать рациональному расположению задней стенки ковша скрепера традиционной формы. При этом если расположить точку присоединения вала ротора спереди плоскости сдвига, то будет ограничен объем грунта, набираемый в ковш при одной и той же силе тяги тягача, и увеличится энергоемкость процесса копания. Если расположить точку присоединения вала ротора сзади этой плоскости, то положение по длине ковша должно соответствовать рациональному положению задней стенки ковшей скреперов традиционной формы. Эти рекомендации получены для процесса наполнения ковша скрепера загрузочным механизмом. Но после набора грунта и его транспортирования к месту отсыпки происходит разгрузка ковша. Поэтому необходимо так подобрать место расположения ротора, чтобы обеспечивалась полная разгрузка ковша без введения дополнительных узлов, позволяющих осуществить разгрузку. Как показали исследования, угол наклона к вертикали задней стенки равен углу наклона днища самосвала при разгрузке 30° , т.е. при углах наклона более 30° грунт будет оставаться на наклонной плоскости и полной разгрузки не будет. Все это уменьшит объем грунта, набираемого в ковш, и транспортируемого к месту разгрузки, а соответственно, и производительность скрепера [4]. Следовательно, переходя от положения задней стенки, находящейся в крайнем переднем положении, т.е. в момент окончания разгрузки, когда весь грунт должен высыпаться из ковша к положению лопасти в момент полной разгрузки сектора можно сделать следующий вывод. Положение лопасти в момент разгрузки должно соответствовать положению задней стенки в крайнем переднем положении в конце разгрузки, т.е. точка подвеса загрузочного механизма должна находиться на линии,

проведенной из точки соединения подножковой плиты с днищем под углом $25-30^\circ$ к вертикали в сторону задней стенки. Эта точка подвеса позволит увеличить объем грунта, набираемого в ковш, и обеспечить полную разгрузку ковша и, соответственно, увеличит производительность скрепера. Если ковш скрепера будет цилиндрической формы, на оси которого присоединен механизм загрузки и заслонка, а подножковая плита установлена впереди диаметральной плоскости, проходящей под углом $25-30^\circ$ к вертикали, то при подъеме заслонки во время набора грунта в ковш ее нижняя кромка будет близко расположена к ножу или в его зоне. При таком расположении заслонки будет максимальный объем призмы волочения, примерно 30% от объема грунта в ковше, так как сколы грунта будут выходить за заслонку. Вынос нижней кромки заслонки вперед можно обеспечить, располагая ось подвеса боковых тяг над подножковой плитой. Это позволит значительно снизить объем призмы волочения и энергоемкость процесса наполнения. Кроме того, после наполнения каждого сектора ковша необходимо поворачивать ротор, не останавливая скрепер, и, если лопасти ротора будут занимать весь объем скрепера, то они будут препятствовать наполнению ковша во время поворота ротора. Тягач будет буксовать и увеличится время наполнения скрепера. Поэтому необходимо, чтобы в заслонке ротор не располагался и при его повороте грунт, срезаемый ножом, мог пройти в заслонку, заполняя ее, т.е. объем ковша будет определяться не только объемом, занятым ротором, как у цилиндрического ковша, но и дополнительным объемом в заслонке. Поэтому установка заслонки и механизма загрузки по данным рекомендациям позволит увеличить производительность скрепера.

Для решения вопроса о высоте расположения точки подвеса вала ротора и, соответственно, высоты расположения лопасти над днищем ковша, надо проанализировать процесс заполнения традиционные ковшей скреперов [2,5,6].

Сначала ножом срезается стружка грунта максимальной толщины, тягач перемещается на максимальной возможной скорости, соответствующей процессу набора, грунт интенсивно поступает в ковш. Постепенно нож углубляется и почти без буксования движется тягач. Это происходит при заполнении ковша до высоты, равной 0,7-0,9 от возможной высоты наполнения по силе

тяги тягача без применения толкача. При этом скрепер наполняет объем, равный 0,7-0,9 за 0,25-0,3 от времени набора полного ковша. Дальнейшее наполнение связано с преодолением больших сопротивлений и поэтому происходит более интенсивное буксование тягача, потери грунта в призму волочения и боковые валики. И поэтому энергоемкость наполнения на этом участке резко возрастает. Исходя из вышесказанного, целесообразно ось вала ротора располагать на высоте, равной 0,7-0,9 возможной высоты наполнения ковша по силе тяги тягача без применения толкача. Выбор места подвеса вала ротора по высоте и длине ковша по данным рекомендациям позволит за время, примерно равное времени наполнения обычного скрепера, наполнить объем грунта в ковш с роторным механизмом загрузки в 2-3 раза больше.

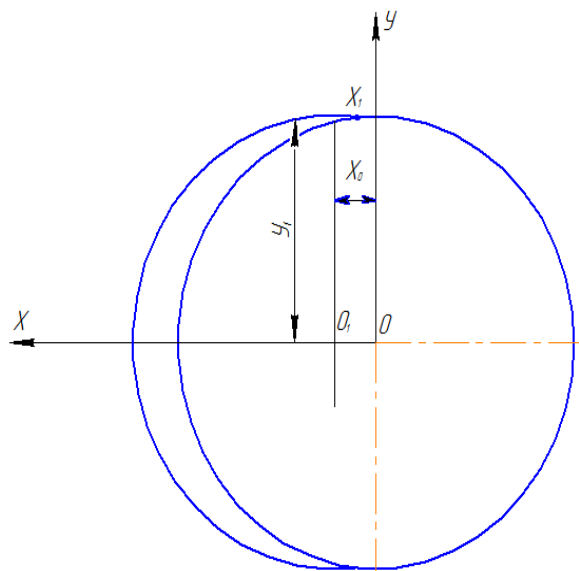


Рис. 2. Схема продольного профиля ковша скрепера с роторной загрузкой

Для выбора и обоснования основных параметров скрепера нужно выявить зависимость вместимости ковша от его основных размеров. Для упрощения задачи примем допущения, что продольный профиль коша скрепера с роторной загрузкой состоит из двух частей: из профиля самого ротора и сегмента, образованного пересечением линии переднего листа заслонки с контуром ротора.

Пусть x_0 - расстояние между центрами окружностей ротора и заслонки. Примем допущение, что радиусы окружностей ротора и заслонки равны:

$$R_3 = R_p = R, \quad (1)$$

где R_3 – радиус заслонки, м; R_p – радиус ротора, м.

Находим координаты точек пересечения этих окружностей, для чего напомним их уравнения в выбранной системе координат: уравнение окружности ротора

$$x^2 + y^2 = R^2. \quad (2)$$

Уравнение окружности заслонки

$$(x - x_0)^2 + y^2 = R^2. \quad (3)$$

Отнимая из уравнения (3) уравнение (2) после преобразований имеем

$$x_0(2x - x_0) = 0,$$

откуда

$$x = x_0 / 2, \quad (4)$$

$$y_1 = \pm \sqrt{R^2 - x^2} = \sqrt{R^2 - 0,25x_0^2}. \quad (5)$$

Площадь профиля ротора

$$S_1 = \pi R^2. \quad (6)$$

Площадь сегмента

$$S_2 = 2 \int_0^{y_1} (x_2 - x_1) dy. \quad (7)$$

Ввиду того, что окружность переднего листа заслонки получена переносом центра окружности ротора по оси x на расстояние x_0 , то расстояние между этими двумя точками окружностей, измеренное параллельно оси x , постоянное, равное x_0 . Следовательно, в последнем выражении следует полагать

$$x_2 - x_1 = x_0. \quad (8)$$

Тогда

$$S_2 = 2 \int_0^{y_1} x_0 dy = 2x_0 y_1 = 2x_0 \sqrt{R^2 - 0,25x_0^2}. \quad (9)$$

Так как расстояние между центрами окружностей, как и их радиусы неизвестны, то зададимся в первом приближении их отношением

$$K = x_0 / R. \quad (10)$$

Тогда вместимость ковша скрепера с роторной загрузкой с учетом выражений (6, 9 и 10) равна

$$V = B(S_1 + S_2) = BR^2(\pi + 2K\sqrt{1 - 0,25K^2}), \quad (11)$$

где B – ширина ковша, м.

Шириной ротора, задаемся исходя из ширины ковша с учетом необходимых зазоров.

Из последней формулы определяем

$$R = \sqrt{\frac{V}{B(\pi + 2K\sqrt{1 - 0,25K^2})}}. \quad (12)$$

Высоту боковых стенок ковша определяем из условия невысыпания грунта за боковые стенки [7]

$$H = \frac{R}{1 + \tan \phi_0}, \quad (13)$$

где φ_0 - угол естественного откоса грунта, град.

Подножевая плита должна быть сварена с днищем ротора таким образом, что диаметрально плоскость, проходящая через эту точку, должна быть наклонена к вертикальной плоскости под углом 25-30° (рис.3). При этом грунт в ковше,двигающийся в виде потока, расширяющегося вверх, не испытывает сопротивления со стороны лопасти ротора.

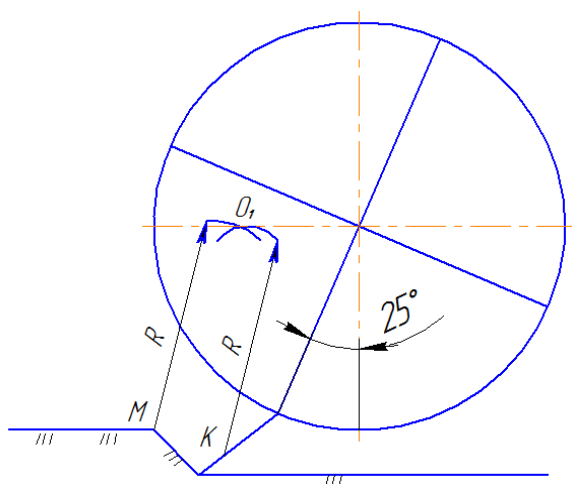


Рис. 3. Схема для определения положения подножковой плиты и точки подвеса заслонки

Передний лист заслонки имеет радиус кривизны, равный радиусу вращения, при этом усилия, необходимые для привода заслонки, будут минимальны. Чтобы определить точку подвески заслонки, приняв точку M пересечения горизонтальной и наклонной граней стружки за центр, проведем дугу с радиусом, равным радиусу кривизны

переднего листа, заслонки. Далее, приняв любую точку K на ноже за центр, проведем вторую дугу с тем же радиусом. Точку пересечения полученных дуг O_1 принимаем за точку подвески заслонки. При такой подвеске заслонки скол стружки будет происходить внутри заслонки, уменьшится тем самым объем призмы волочения.

Предложенные в данной статье рекомендации и формулы позволяют выбрать основные параметры ковша и заслонки скрепера с роторной загрузкой.

Выводы

1. Предложенная конструкция скрепера с роторной загрузкой позволяет увеличить производительность машины.

2. Выше описанные расчетные зависимости позволяют определить вместимость ковша и высоту стенок с учетом предлагаемого способа загрузки.

Бибблиографический список

1. А.с. 1578269 СССР МКИЗ Е 02F 3/64. Скрепер с роторной загрузкой / А.И. Демиденко и др.; СибАДИ (СССР). - №4130986/25-03; заявл. 08.10.86; опубл. 15.07.90, Бюл. №26.
2. Артемьев, К.А. Основы теории копания грунта скреперами / К.А. Артемьев. - М., Свердловск: Машгиз, 1963. - 128 с.
3. Демиденко, А.И. Скрепер с роторной загрузкой / А.И. Демиденко // Строительные и дорожные машины. - 2005. - №9. - С. 6-7.
4. Землеройные и подъемно - транспортные машины / А.П. Трофимов- 2-е изд, переработанное и дополненное. - Киев, «Будивельник», 1978. - 368 с.
5. Добронравов, С.С. Строительные машины и оборудование: Справочник / С.С. Добронравов, М.С. Добронравов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 2006. - 445 с.
6. Хархута, Н.Я. Дорожные машины: учебник для вузов / Н.Я. Хархута и др. - М.: Изд-во «Машиностроение», 1968. - 416 с.
7. Демиденко, А.И. Повышение эффективности скреперных агрегатов: учеб. пособие / А.И. Демиденко - Омск: Издательство СибАДИ, 2005. - 282 с.

EVALUATION OF DEVIATION FROM THE PLANE OF THE BOTTOM OF THE TRENCH DIGGING ROTARY EXCAVATOR

A.I. Demidenko, A.B. Letopolsky, D.S. Semkin

Abstract. A scraper design with rotary loading. Substantiates the location of the rotor blades to provide a bucket load and complete unloading. The question of filling the bucket scraper height and location of the rotor shaft to operate the scraper without pusher. Presented calculated according to the definition of the scraper bucket capacity with the rotor load, the radius of the rotor circumference and the height of the side walls of the bucket. The

recommendations of the angle of inclination of the rear wall of the bucket to the vertical and location podnozhevoy plate.

Keywords: scraper, bucket of the scraper, rotor loading, calculation of parameters.

References

1. A.s. 1578269 SSSR MPK E02F 3/64. *Skreper s rotornoj zagruzkoj* [Scraper with rotary loading]. A.I. Demidenko; SibADI. 1990.
2. Artem'ev K.A. *Osnovy teorii kopanija grunta skreperami* [Basic theory of digging soil scrapers]. Moscow, Sverdlovsk: Mashgiz, 1963. 128 p.
3. Demidenko A.I. *Skreper s rotornoj zagruzkoj* [Scraper with rotary loading bucket]. Stroitel'nye i dorozhnye mashiny, 2005, no 9. –pp. 6-7.
4. Trofimov A.P. *Zemlerojnye i pod'emno - transportnye mashiny*. [Digging and lifting - transporting machines]. Kiev, Budivel'nik, 1978. 368 p.
5. Dobronravov S.S., Dobronravov M.S. *Stroitel'nye mashiny i oborudovanie* [Construction machinery and equipment]. Moscow, Vyssh. shk., 2006. 445 p.
6. Harhuta N.Ja *Dorozhnye mashiny: uchebnik dlja vuzov* [Road machines]. Moscow, Izd-vo Mashinostroyeniya, 1968. 416 p.
7. Demidenko A.I. *Povyshenie jeffektivnosti skrepernyh agregatov: ucheb. posobie* [Improved scraper units]. Omsk: Izdatel'stvo SibADI, 2005. 282 p.

Демиденко Анатолий Иванович (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техника для строительства и сервиса нефтегазовых

комплексов и инфраструктур» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: antooooon-85@mail.ru).

Летопольский Антон Борисович (Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техника для строительства и сервиса нефтегазовых комплексов и инфраструктур» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: antooooon-85@mail.ru).

Семкин Дмитрий Сергеевич (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техника для строительства и сервиса нефтегазовых комплексов и инфраструктур» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, д.5, e-mail: semkin_ds@sibadi.org).

Demidenko Anatoly Ivanovich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, professor, The Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Omsk, Mira, 5, e-mail: antooooon-85@mail.ru).

Anton B. Letopolski (Omsk, Russian Federation) – candidate of technical sciences, Ass. Professor, The Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Omsk, Mira, 5, e-mail: antooooon-85@mail.ru).

Semkin Dmitry Sergeyevich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, the associate professor The Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: semkin_ds@sibadi.org).

УДК 621.879

АКТУАЛЬНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА

В.Н. Кузнецова¹, В.В. Савинкин², А.Р. Ильясова²

¹ ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск;

² Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева, г. Петропавловск, Казахстан;

Аннотация. В процессе выполнения наиболее энергоемких операций (внедрение ковша в грунт и отрыв стружки) на рабочий орган экскаватора действуют знакопеременные нагрузки, вызывая напряженность элементов ковша и рабочего оборудования. Надежность и работоспособность экскаватора, а также энергоемкость рабочего процесса зависят от обоснованности допустимых величин нагрузок и перераспределения их по элементам рабочего оборудования с учетом коэффициента запаса прочности. В статье обоснована актуальность и перспектива исследований энергоэффективности одноковшового экскаватора. По результатам исследований разработана методика проведения экспериментальных исследований, совмещенных с имитационным моделированием режимов нагружения одноковшового экскаватора.