

Ковалевский С.Г.
Харьковский национальный автомо-
бильно-дорожный университет

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
ПОЛУПРИЦЕПНОГО СКРЕПЕРА ПРИ
ВЫПОЛНЕНИИ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ В
ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

УДК 621.869

Проведено теоретическое исследование с целью определения рациональных параметров набора и транспортировки грунта полуприцепным скрепером, работающим в составе поезда, при выполнении земляных работ в лесопромышленном комплексе по строительству автомобильных дорог и складских площадок. Показано, что максимально допустимое увеличение время набора грунта в ковш скрепера зависит от дальности транспортировки. Работа в установленных режимах позволяет повысить производительность машин

Ключевые слова: полуприцепной скрепером, производительность, рациональные параметры, транспортировка грунта.

Введение. Функционирование лесопромышленного комплекса требует ежегодного строительства и ремонта лесовозных автомобильных дорог большой протяженности. Эффективность использования скреперов для этих целей зависит от ряда факторов, таких как: параметры машин, состояние забоя и подъездных путей, технологии производства земляных работ, дальности транспортирования грунта, которая является одним из наиболее важных моментов, определяющих целесообразность их применения. В зависимости от перечисленных факторов время набора и транспортировки грунта может варьироваться в широких пределах, определение рациональных значений которых является актуальной задачей.

Анализ публикаций. Как показывает анализ публикаций, одним из способов повышения производительности скрепера является его работа в составе поезда образованного двумя одинаковыми машинами [1-4]. В режиме копания скреперы по очереди выполняют функции дополнительного тягача или толкача, а транспортировка грунта производится каждым скрепером самостоятельно [5-6].

Это обстоятельство с одной стороны, приводит к увеличению времени копания, с другой стороны разработка грунта скрепером в составе поезда ведется с большими толщинами стружки, что в свою очередь снижает путь и время заполнения каждого ковша. Кроме этого время копания не всегда равноценно влияет на увеличение времени цикла [7-10].

Цель работы. Целью данной работы является определение рациональных параметров набора и транспортировки грунта полуприцепным скрепером, работающим в составе поезда.

Основная часть. Производительность скрепера при работе в составе поезда определялась по формуле, которая учитывала степень заполнения ковша в различных режимах работы

$$\Pi = \frac{3600 \cdot K_H \cdot V}{K_P \cdot T_{\text{Ц}}}, \quad (1)$$

где V – геометрический объем грунта, перемещаемый за один цикл, м³,
 K_H – коэффициент наполнения ковша,

K_p – коэффициент разрыхления грунта,

$T_{\text{Ц}}$ – время цикла, с.

Время цикла, в свою очередь, может быть представлено самостоятельной функциональной зависимостью общего вида

$$T_{\text{Ц}} = \left(\sum_{i=1}^m \frac{l_i}{v_i} \right) + t_d, \quad (2)$$

где l_i – длина резания, наполнения, перемещения, транспортировки и т.д., м,

v_i – скорость резания, наполнения, перемещения, транспортировки и т.д., м/с,

t_d – дополнительное время цикла, необходимое для маневрирования при соединении в поезд, с.

Поскольку при копании грунтов скреперными поездами, каждый скрепер участвует в наполнении двух ковшей, то время копания следует определять по суммарному времени заполнения двух ковшей.

Объединяя уравнения, получим математическую модель производительности

$$\Pi = \frac{3600 \cdot K_H \cdot V}{K_p \left[\left(\sum_{i=1}^m \frac{l_i}{v_i} \right) + t_d \right]}. \quad (3)$$

Введем обозначения $Y = \Pi$, $X_1 = V$, $X_2 = K_H$, $X_3 = K_p$, $X_4 = T_{\text{Ц}}$,

Тогда производительность может быть записана в виде

$$Y = \frac{3600 \cdot X_1 \cdot X_2}{x_3 \cdot \left[\left(\sum_{i=1}^m \frac{l_i}{v_i} \right) + t_d \right]}. \quad (4)$$

Коэффициенты влияния параметров X_1 , X_2 , X_3 , l_i , v_i и t_d на производительность Y найдем как первые частные производные функции Y

$$\begin{cases} K_{X_j} = Y \cdot X_j^{-1}, j = \overline{1,3}; \\ K_{l_i} = -Y \cdot (T_{\text{Ц}} \cdot v_i)^{-1}, i = \overline{1,m}; \\ K_{v_i} = -Y \cdot (T_{\text{Ц}} \cdot v_i^2)^{-1}; \\ K_{t_d} = -Y \cdot T_{\text{Ц}}^{-1}. \end{cases} \quad (5)$$

Представим дисперсию отклонения ΔY в виде относительной величины

$$\sigma_Y^2 = \sum_{j=1}^3 \left(\frac{\sigma_{X_j}}{X_j} \right)^2 + \sum_{i=1}^m \left(\frac{\sigma_{l_i}}{T_{\text{ц}} v_i} \right)^2 + \sum_{i=1}^m \left(\frac{\sigma_{v_i}}{T_{\text{ц}} v_i^2} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{T_{\text{ц}}}}{T_{\text{ц}}} \right)^2. \quad (6)$$

Введем обозначения

$$\left\{ \begin{array}{l} \gamma_{\Delta y}^2 = \frac{\sigma^2 y}{Y^2}, \gamma_{\Delta X_j}^2 = \left(\frac{\sigma^2 X_j}{X_j} \right)^2, \\ \gamma_{\Delta l_i}^2 = \left(\frac{\sigma^2 l_i}{T_{\text{ц}} v_i} \right)^2, \\ \gamma_{\Delta v_i}^2 = \left(\frac{\sigma v_i}{T_{\text{ц}} v_i^2} \right)^2, \gamma_{\Delta T_{\text{ц}}}^2 = \left(\frac{\sigma^2 T_{\text{ц}}}{T_{\text{ц}}} \right)^2, \end{array} \right. \quad (7)$$

Тогда

$$\gamma_{\Delta y}^2 = \sum_{j=1}^3 \gamma_{\Delta X_j}^2 + \sum_{i=1}^m \gamma_{\Delta l_i}^2 + \sum_{i=1}^m \gamma_{\Delta v_i}^2 + \gamma_{\Delta T_{\text{ц}}}^2. \quad (8)$$

Результаты исследования. Анализ результатов, полученных в результате проведенных расчетов показывает, что с увеличением дальности транспортировки грунта эффективность использования скреперных поездов повышается, а влияние увеличения времени копания за счет тандемной технологии заполнения ковшей сказывается в меньшей степени.

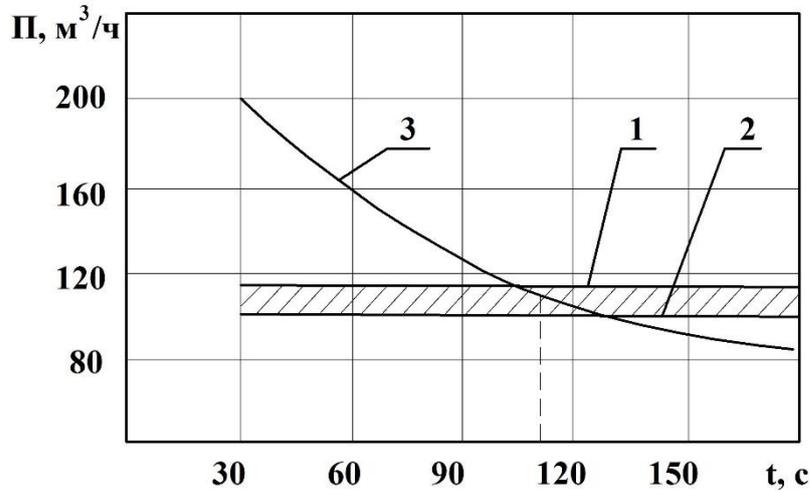
При наборе 4м³ грунта одиночным скрепером и дальности транспортировки 800м производительность скрепера составит 53м³/час. При работе скрепера в составе поезда суммарное время копания увеличивается до 85сек, а объем набранного каждым ковшом грунта составляет 5м³. В этом случае производительность составит 67м³, т.е. на 26% выше. Если же аналогичные расчеты произвести для дальности транспортировки 1600м, то увеличение производительности составит 48%.

Увеличение степени заполнения ковшей скреперов при работе в составе поезда, с одной стороны, приводит к росту производительности, а с другой к ее снижению из-за увеличения времени цикла, связанного с увеличением времени копания.

Возникает необходимость в определении рационального времени набора грунта, соответствующего максимальной производительности скрепера. С этой целью был выполнен расчет производительности одиночного скрепера и скреперного поезда. При этом объем грунта, набираемого ковшом одиночного скрепера принимался равным 4,5м³, а ковшами скреперного поезда 6м³.

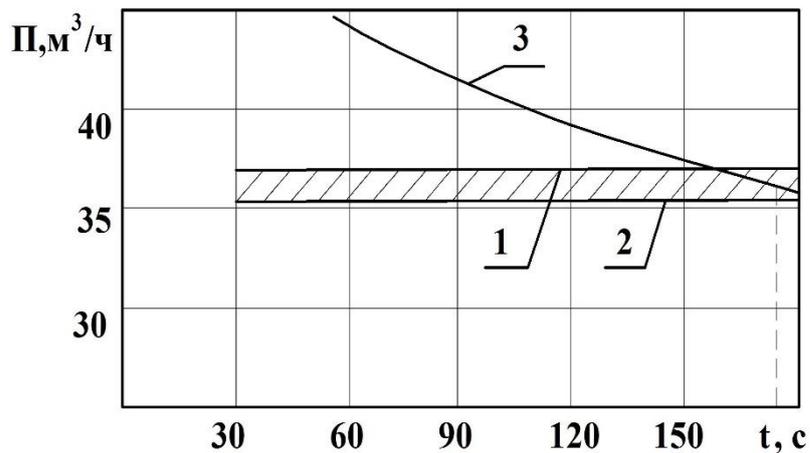
Результаты расчетов представлены графическими зависимостями (рис. 1, 2), анализ которых показывает, что с увеличением времени копания производительность скрепера уменьшается. Точка пересечения кривой производительности скреперного поезда с линией производительности одиночного поезда соответствует максимально допустимому увеличению времени копания. Так при дальности транспортировки 200 м (рис. 1) время набора грунта скреперным поездом не должно превышать 120сек, а при дальности

1600м (рис. 2) не более 180сек. Расчеты и изучение реальных возможностей работы скреперных поездов свидетельствует об увеличении времени наполнения ковшей на 15-20%, что соответствует увеличению производительности машин на 25-40% в зависимости от дальности транспортировки грунта.



1 - одиночний скрепер, $t_k=30$ сек; 2 - одиночний скрепер, $t_k=60$ сек;
3 - скреперний поїзд

Рисунок 1 - Рациональное время набора грунта при дальности транспортировки 200м



1 - одиночний скрепер, $t_k=30$ сек; 2 - одиночний скрепер, $t_k=60$ сек;
3 - скреперний поїзд

Рисунок 2 - Рациональное время набора грунта при дальности транспортировки 1600м

Выводы. На основании теоретических исследований определены рациональные параметры набора и транспортировки грунта полуприцепным скрепером, работающим в составе поезда, что позволяет повысить эффективность производства земляных работ при строительстве и ремонте лесовозных автомобильных дорог и других сооружений.

Литература

1. Хмара Л.А. Машини для земляних робіт / Л.А. Хмара, С.В. Кравець, В.В. Нічке та ін. – Рівне-Дніпропетровськ-Харків, 2010. – 557 с.
2. Нилов В.А. Эффективность применения скреперных поездов / В.А. Нилов, П.И. Иванищев // Строительные и дорожные машины. – 2010. – №5. – С. 35–37.

Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів
Technical service of agriculture, forestry and transport systems

3. Артемьев К.А. Теория и расчет скреперов и скреперных агрегатов / К.А. Артемьев, В.А. Борисенков. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1996. – 344 с.
4. Баловнев В.И. Интенсификация разработки грунтов в дорожном строительстве / В.И. Баловнев, Л.А. Хмара. – М.: Транспорт, 1993. – 383 с.
5. Борисенков В.А. Оптимизация скреперных агрегатов / В.А. Борисенков. – Воронеж: ВГУ, 1990. – 248 с.
6. Загородних А.Н. Основные направления совершенствования скреперов и скреперных агрегатов / А.Н. Загородних // Сб. научн. трудов «Совершенствование транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог». Иркутск, 1999. – Том. II. – С. 194–201.
7. Ковалевский С.Г. Исследование тяговых качеств скреперного поезда / С.Г. Ковалевский, С.В. Лукин // Вестник ХНАДУ. – 2007. – Вып. 38. – С. 145–148.
8. Кириченко И.Г. Особенности компьютерного моделирования операций функционально-технологического анализа / И.Г. Кириченко // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. научн. трудов. – 2010. – Вып. 57. – С. 19–21.
9. Кириченко І.Г. Наукові основи створення високоефективних землерийних машин / І.Г. Кириченко, Л.В. Назаров та ін. – Х.: ХНАДУ, 2003. – 586 с.
10. Кирничный В.Ю. Исследование влияния скорости транспортировки грунта на эксплуатационную производительность скреперов / В.Ю. Кирничный, В.И. Николин // Сиб. автомоб-дор. ин-т. – 1999. – Вып. 5. – 11 с.

Kovalevsky S. Improving performance of the semitrailer scraper at excavations in the forestry complex

A theoretical study to determine the rational parameters of recruitment and transportation of the semitrailer scraper working in the train, when the excavation works for the construction of a timber industry complex of roads and storage areas. It is shown that the maximum increase in the time set in the ground scraper depends on the distance of transportation. Work to establish a regime to improve performance cars.

References

1. Khmara L. Machines for earthworks / LA Khmara, SV Kravets VV HOUR and others. - Rivne, Dnipropetrovsk, Kharkiv, 2010. - 557 p.
2. Nile VA Efficiency of application skреperных poездov / VA Nile, PI Yvanyshev // Stroytelnye and dorozhnye machine. - 2010. - №5. - P. 35-37.
3. Artemev KA Theory and calculation skреperov and skреperных agregatov / KA Artemev, VA Borysenkov. - Voronezh: Izd VHU, 1996. - 344 p.
4. Balovnev VI Yntensyfykatsyya Development soils in the construction of road / VI Balovnev, LA Cloud. - M.: Transport, 1993. - 383 p.
5. Borysenkov VA Optimization skреperных agregatov / VA Borysenkov. - Voronezh: VHU, 1990. - 248 p.
6. AN Zagorodnya Basic direction and Improvement skреperov skреperных agregatov / AN Zagorodny // Sat. Nauchn. labor "Improvement transport ekspluatatsyonnoho STATUS avtomobylных roads." Irkutsk, 1999. - Vol. II. - S. 194-201.
7. Kovalevsky SG Study traction qualities of trains scraper / SG Kovalevsky, SV Lukin // Vestnik HNADU. - 2007. - Vol. 38. - P. 145-148.
8. Kirichenko IG Features of computer modeling operations functional and technological analysis / IG Kirichenko // Construction, materyalovedenye, Mashinostroenie: Sat. Nauchn. labor. - 2010 - Vol. 57. - P. 19-21.
9. Kirichenko IG The scientific basis of creation of highly efficient earthmover / I.H. Kirichenko, LV Nazarov and others. - H.: HNADU, 2003. - 586 p.
10. Kirnichny VY Investigation of the effect of ground transportation speed on the operational performance of scrapers / VY Kirnichny, VI Nikolin // Sib. Car-dor. Inst. - 1999. - Vol. 5 - 11.