

УДК 625.7.074 (621.879)

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРИЦЕПНОГО СКРЕПЕРА

Нилов В.А.<sup>1</sup>, Федоров Е.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> – Воронежский государственный технический университет

<sup>2</sup> - ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Рассмотрен вопрос совершенствования эксплуатационно-технических характеристик прицепного скрепера за счет применения комбинированной ножевой системы, сочетающей в одной машине широко распространенную ступенчатую ножевую системы и совковый режущий орган. Показана практическая возможность получения ровного забоя, повышения интенсивности заполнения ковша, рационального распределения грунта в ковше в условиях свободного резания, а также заполнения ковша при увеличенной глубине резания грунта, без привлечения дополнительных машин. Получены данные о величине коэффициента удельного сопротивления резанию при ширине свободного резания в пределах 1,0...2,2 м.

**Ключевые слова:** совковый режущий орган, комбинированная ножевая система, блокированное и свободное резания грунта, способ копания грунта.

**DOI:** <https://doi.org/10.22281/2413-9920-2016-02-04-64-70>

В Российской Федерации остро стоит проблема развития опорной сети автомобильных дорог, стоимость строительства которых существенно зависит от набора применяемых машин для возведения земляного полотна. Отличительной особенностью скреперов является их универсальность. Они одновременно заменяют несколько машин: разрабатывают грунт, перемещают его на необходимое расстояние, разравнивают грунт в отвале и предварительно его уплотняют. К сожалению, в настоящее время эти работы при строительстве автодорог выполняют универсальные экскаваторы, самосвалы, бульдозеры и машины для уплотнения грунта, что не может не отразиться на увеличении стоимости разработки земляного полотна.

Учитывая значительный объем земляных работ в России и необходимость рационального расходования средств, снижения стоимости земляных работ, за счет применения скреперов, спроектированных на основе новых исследований, обеспечивающих уменьшение энергоемкости разработки грунта и увеличение его производительности, является важной научно-технической задачей.

Одним из действенных способов увеличения производительности скреперов является совершенствование их ножевой системы с целью снижения усилия копания и обеспечения надлежащей прочности и жесткости и хороших планирующих качеств. Основные требования к современной ножевой системе сводятся к следующим [1]:

- эффективно разрушать (отделять от массива) грунт, т.е. иметь низкое сопротивление резанию;
- обеспечивать возможно большую толщину срезаемой стружки в заключительной стадии заполнения ковша;
- распределять грунт равномерно как в заднюю, так и в переднюю часть ковша;
- обладать высокой жесткостью и прочностью;
- обеспечивать высокие планирующие качества скреперу;
- иметь простую и надежную конструкцию.

В настоящее время наибольшее распространение имеет ступенчатая ножевая система [2] со средними выступающими ножами, имеющая постоянный угол резания  $\alpha \approx 30^{\circ} \dots 35^{\circ}$ . Такая ножевая система имеет наиболее простую и надежную конструкцию, обеспечивает достаточно хорошие планирующие качества, обладает высокой жесткостью и прочностью.

Однако ступенчатая ножевая система не обеспечивает необходимую в конце заполнения ковша толщину стружки. В результате существенно затрудняется заполнение ковша особенно в заключительной стадии копания и ухудшается заполнение передней части ковша. Достоинством ступенчатой ножевой системы являются её высокая прочность и жесткость.

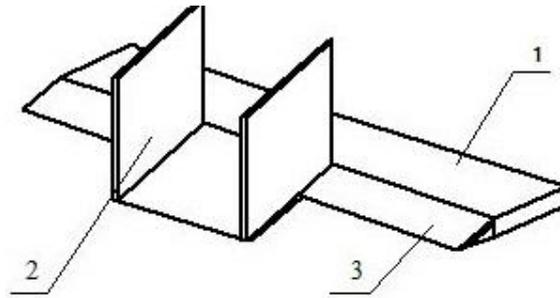


Рис. 1. Совковый режущий орган: 1 – днище ковша; 2 – сменный совковый орган; 3 – подножевая плита

Научные исследования показали, что ширина резания существенно влияет на эффективность заполнения ковша скрепера, особенно на заключительной стадии копания. Установлено, что ковш скрепера с совковыми режущими органами (рис. 1) существенно (на 20...25%) снижает сопротивление копанию (рис. 2) [3]. Однако при этом ухудшаются планирующие качества скрепера в отвале и ровность забоя. Для устранения этих недостатков необходимо применение дополнительных машин: бульдозера и скрепера со ступенчатой ножевой системой.

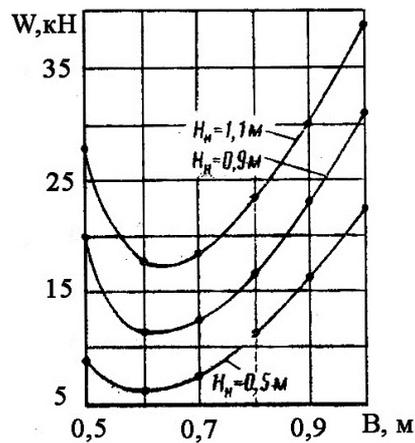


Рис. 2. Влияние ширины резания совковым режущим органом на сопротивление копанию

Создан и прошел исследования скрепер (рис. 3) с комбинированной ножевой системой [4], сочетающей в одном ковше две ножевые системы: стандартную с выступающими средними ножами и совковый режущий орган, который установлен на передней заслонке ковша (рис. 4).



Рис. 3. Опытный образец скрепера с комбинированной ножевой системой на базе скрепера ДЗ-111

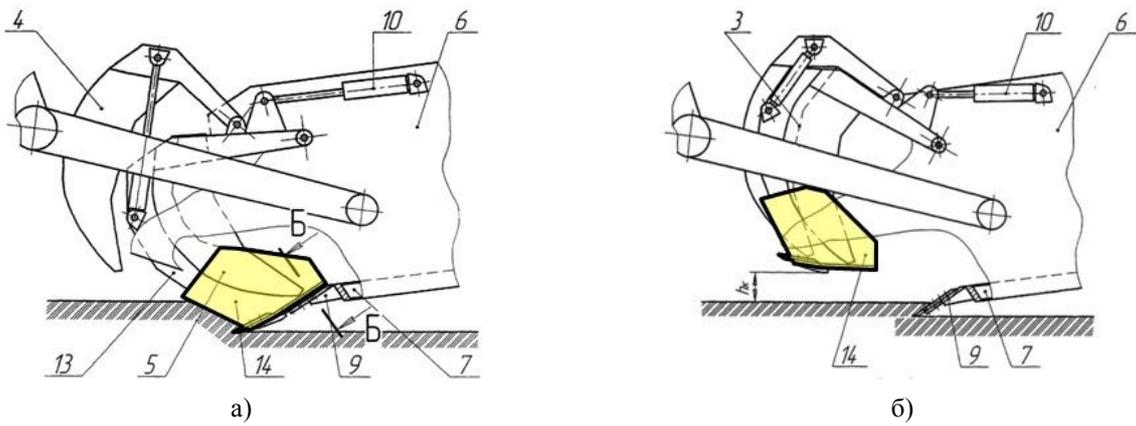


Рис. 4. Комбинированная ножевая система скрепера:

а - копание совковым режущим органом; б - копание полной шириной

Ковш 6 снабжен первой стандартной ступенчатой ножевой системой 9, жестко соединенной с днищем 7. Вторая ножевая система – совковый режущий орган 14 жестко установлена на передней заслонке 3, соединенной с ковшом 6 гидроцилиндрами привода 10. Совковый режущий орган 14 имеет свою дополнительную заслонку 4 с приводом.

Применение комбинированной ножевой системы позволяет разрабатывать грунт следующими способами: полной шириной ковша; уменьшенной шириной - совковым режущим органом; сначала полной шириной ковша, а завершающую часть копания - совковым режущим органом для интенсификации заполнения ковша; в условиях наименее энергоёмкого свободного резания (боковые стенки ковша не участвуют в процессе резания). Однако наиболее рациональным является последний способ. Он основан на использовании комбинированной ножевой системы, позволяющей после двух проходов совковым режущим органом на определенном расстоянии, оставшийся между ними грунт разрабатывать в условиях наименее энергоемкого свободного резания, без применения дополнительного толкача (рис. 5), в результате чего получаем чистый, ровный забой (рис. 6) и полностью заполненный ковш (рис. 7).

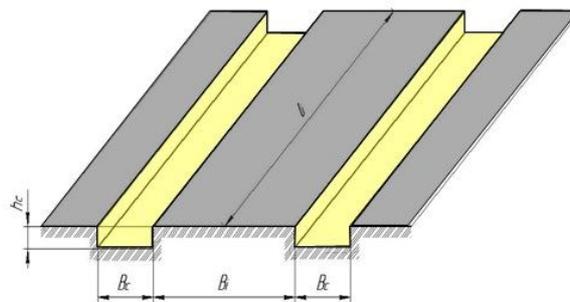


Рис. 5. Схема разработки забоя для заполнения ковша в условиях свободного резания



Рис. 6. Чистый, ровный забой после работы скрепера с комбинированной ножевой системой



Рис. 7. Окончательное заполнение ковша (3 проход)

Выполнены исследования по заполнению ковша скрепера в условиях свободного резания и получены экспериментальные значения удельного сопротивления резанию при ширине копания в пределах 1,0...2,2 м.

Для испытаний была подготовлена горизонтальная площадка «грядка» согласно схеме представленной на рисунке 8, высотой  $h_c = 0,2 \dots 0,3$  м и шириной  $B_i = 2,2$  м.



Рис. 8. След после прохода совковым режущим органом со смещением

Ковш скрепера устанавливали на заданную толщину резания, которая оставалась постоянной в ходе исследований, копание выполнялось без заглабления ковша. Для записи усилия резания служил датчик, фиксирующий горизонтальное и вертикальное взаимодействие скрепера и тягача.

Резание грунта прекращалось при достижении грунтовой стружки половины длины днища. Затем ковш перемещали назад, из него выгружали грунт и опыт повторяли. Для перехода на меньшую ширину резания «грядку» подрезали до следующей меньшей ширины и повторяли все необходимые процедуры. Заполнение ковша выполняли при различной ширине  $b$  свободного резания (2,2; 1,8; 1,6; 1,4; 1,2 и 1,0 м). Исследования проходили в сухую погоду на суглинистом грунте практически III категории прочность 12...18 ударов ударника ДорНИИ при влажности (0,4...0,5)  $\omega_0$ .

Удельное сопротивление грунта свободному резанию рассчитывалось по зависимости:

$$K_{св.рез.} = \frac{P_{св.рез.} - P_f}{b \cdot h(1 + \mu \cdot \rho)},$$

где:  $P_{св.рез.}$  – сопротивление, фиксируемое датчиком силы тяги, кН;  $P_f$  – сопротивление качению ковша скрепера, кН;  $b$  – ширина свободного резания, м;  $h$  – глубина резания, м;  $\mu$  – коэффициент трения грунта по стали;  $\rho$  – соотношение вертикальной и горизонтальной составляющих сопротивления резанию,  $\rho = 0,2$ .

Исследования показали, что удельное сопротивление грунта *блокированному резанию* составляет 86,5 и 90 кН/м<sup>2</sup> для ширины резания 1,4 и 2,5 м, т.е. практически не зависит от ширины. Удельное сопротивление грунта *свободному резанию* зависит от ширины резания, его средняя величина при ширине свободного резания 1,4 м составляет 61,7 кН/м<sup>2</sup>, что на 28,6 % меньше, чем для блокированного резания совковым режущим органом (при этом практически на такую же величину уменьшается усилие резания) (рис. 9).

При заполнении ковша скрепера в условиях свободного резания отмечено, что размещение грунта в ковше при ширине резания 2,2 м практически не отличается от размещения грунта в ковше при блокированном резании всей шириной ковша 2,43 м. При ширине свободного резания меньше 1,6 м ухудшается заполнение области передней заслонки (рис. 10).

По результатам проведенных испытаний были выработаны рекомендации по рациональному распределению грунта в ковше скрепера в условиях свободного резания:

1. Ковш скрепера сначала заполняли на  $\frac{1}{4}$  часть, затем останавливали скреперный агрегат. Перемещали заднюю стенку ковша вперед до конца и возвращали ее в исходное положение. Скреперный агрегат продолжал движение до полной загрузки ковша.

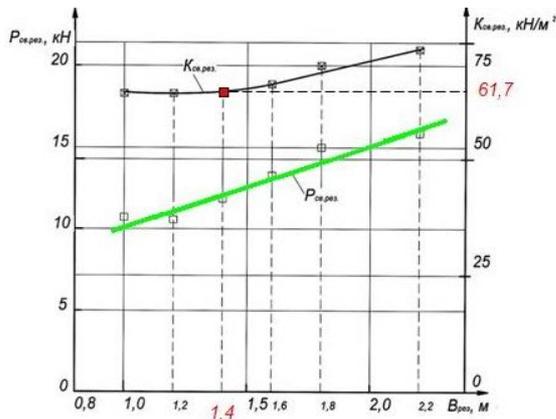


Рис. 9. Зависимость усилия свободного резания  $P_{св.рез.}$  и удельного сопротивления свободному резанию  $K_{св.рез.}$  от ширины резания



Рис. 10. Заполнение ковша в условиях свободного резания при ширине меньше 1,6 м

2. Скреперный агрегат начинал копание грунта с выдвинутой вперед задней стенки полностью. По мере заполнения передней части ковша, отодвигали заднюю стенку назад на ходу и завершали заполнение ковша.

3. Скреперный агрегат начинал копание грунта с выдвинутой вперед задней стенки до середины ковша, затем ее сдвигали вперед до полного заполнения области передней за-слонки. После чего заднюю стенку полностью перемещали назад и завершали заполнение ковша.

Применение рекомендаций по рациональному распределению грунта в ковше скрепера в условиях свободного резания позволило улучшить заполнение области передней за-слонки и ковша в целом. При этом отмечено, что быстрое перемещение задней стенки назад уменьшает высоту грунта в ковше в средней фазе заполнения, что благоприятно сказывается на уменьшении общего времени заполнения ковша.

Разработку грунта скреперами в условиях свободного резания можно обеспечить и для серийных скреперов со ступенчатой ножевой системой за счет пропуска между проходками ковшей (рис. 8) неразработанных участков грунта (если это позволяет ширина забоя, например, при мелиоративных работах) шириной (0,5...0,6) ширины ковша скрепера. Затем такие участки разрабатывают этими же скреперами уже в условиях свободного резания.

В результате проведенных исследований установлено:

1. Разработана конструкция комбинированной ножевой системы, которая обеспечивает возможность разработки грунта как полной, так и уменьшенной шириной копания при минимальной энергоёмкости копания.

2. Разработан способ копания грунта скреперным агрегатом с минимальной энергоёмкостью заполнения ковша, без привлечения дополнительных машин, позволяющий уменьшить удельную энергоёмкость копания с 3,18 до 2,05 кНм/(м³/ч) при сокращении пути заполнения с 37,2 до 29,6 м в конце процесса копания.

3. Получены данные о величине коэффициента удельного сопротивления резанию при ширине свободного резания в пределах 1,0...2,2 м и установлено, что свободное резание уменьшает удельный коэффициент сопротивления грунта резанию на 17...25 % в зависимости от ширины резания.

4. Разработаны рекомендации по заполнению ковша скрепера грунтом при копании в условиях свободного резания в пределах 1,0...2,2 м.

### Список литературы

1. Нилов, В.А. Развитие ножевых систем скреперов с изменяемой шириной резания / В.А. Нилов, Е.В. Федоров // Межвузовский сборник научно-методических трудов «Академические Жуковские чтения». ВУНЦ ВВС «ВВА». - 2014. – С. 159-163.

2. Зеленин, А.Н. Машины для земляных работ / А.Н. Зеленин, В.И. Баловнев, И.М. Керов. - М.: Машиностроение, 1975. – 424 с.
3. Борисенков, В.А. Исследование работы скрепера с совковым режущим органом / В.А. Борисенков, В.А. Кацин // Транспортное строительство. – 1972. – № 12. - С. 50-51.
4. Пат. 2467129 Российской Федерации, МПК<sup>7</sup> Е 02 F 3/64. Ковш скрепера / Нилов В.А., Летуновский К.П., Бударин Р.Э., Нилова В.И.; заявитель и патентообладатель Воронежский государственный технический университет. - № 2010102451/03; заявл. 25.01.2010; опубл. 27.07.2011, Бюл. № 21.

#### **Сведения об авторах**

Нилов Владимир Александрович - доктор технических наук, профессор, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», [vladnil1014@mail.ru](mailto:vladnil1014@mail.ru).

Федоров Евгений Владимирович – преподаватель ФГКВБОУ ВПО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)», [geka.fv@mail.ru](mailto:geka.fv@mail.ru).

## **INCREASING PRODUCTIVITY OF TRAILED SCRAPER**

Nilov V.A.<sup>1</sup>, Fedorov E.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> - Voronezh State Technical University

<sup>2</sup> - Military academy of a name of prof. N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin

Considered the issue of improving the operational characteristics of trailing scraper through the use of a combined knife system, which combines in one machine the widespread speed stab system and shovels cutting on. Requirements are formulated to knife scraper systems and the new combined knife system. It allows you to develop soil in terms of minimum energy and the free cutting of the soil. The practical possibility of obtaining a smooth face, more intense filling of the bucket, rational distribution of soil in the bucket in conditions of free cutting and filling of the bucket when the increased cutting depth of soil, without additional machines. The obtained data on the value of the coefficient of the specific resistance to cutting when the width of the free cut in the range of 1.0 to 2.2 m. The recommendations for a rational distribution of the soil in the bucket during the free cutting.

**Keywords:** *shovels on the cutter, combined cutter system, blocked and free cutting of soil, method of soil digging.*

**DOI:** <https://doi.org/10.22281/2413-9920-2016-02-04-64-70>

#### **References**

1. Nilov V.A., Fedorov E.V. Development of knife systems scrapers with adjustable cutting width. Interuniversity collection of scientific and methodical works “Zhukovskie Akademicheskie chteniya”. VUNTS VVS "VVA", 2014, pp. 159-163.
2. Zelenin A.N., Balovnev V.I., Kerov I.M. *Mashiny dlya zemlyanykh rabot* [The earth-moving machines]. Moscow, Mashinostroenie, 1975. 424 p.
3. Borisenkov V.A., Katsin V.A. Study of working of scraper shovels with cutting on. *Transportnoe stroitelstvo*, 1972, No. 12, pp. 50-51.
4. Patent RU 2467129. *Kovsh skrepera* [Scraper bowl]. Nilov V.A., Letunovskiy K.P., Budarin R.E., Nilova V.I. Declared 25.01.2010. Published 27.07.2011.

**Authors' information**

Vladimir A. Nilov - Doctor of Technical Science, professor of Department of Automated equipment engineering production at Voronezh State Technical University, *vladnil1014@mail.ru*.

Eugene V. Fedorov - the lecturer of Military Educational center of science of Military-air force at Military academy of a name of prof. N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin (Voronezh), *geka.fv@mail.ru*.

Дата публикации  
(Date of publication):  
25.12.2016