

КОВШ СКРЕПЕРА С НОЖЕВОЙ СИСТЕМОЙ АКТИВНОГО ТИПА

Гудков В.В., Сокол П.А.

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,
Воронеж, Россия*

SCREPER BUCKET WITH ACTIVE TYPE KNIFE SYSTEM

Gudkov V.V., Sokol P.A.

Military Education and Scientific Centre of the Air Force N.E. Zhukovsky
and Y.A Gagarin Air Force Academy, Voronezh, Russia

Аннотация: В статье представлена новая конструкция и система управления ножевой системой скрепера с изменением глубины резания, позволяющая минимизировать силы резания грунта при выполнении технологических операций. Полученные новые конструктивные технические решения смогут обеспечить скреперам активного типа заполнение ковша без применения вспомогательных машин-толкачей.

Abstract: The article presents a new design and control system for the scraper's knife system with variable cutting depth, which minimizes the cutting forces during technological operations. These new design solutions enable active-type scrapers to fill their buckets without the need for auxiliary pushing machines.

Ключевые слова: скрепер, ковш, грунт, ножевая система, сцепной вес.

Keywords: scraper, bucket, soil, knife system, tractive weight.

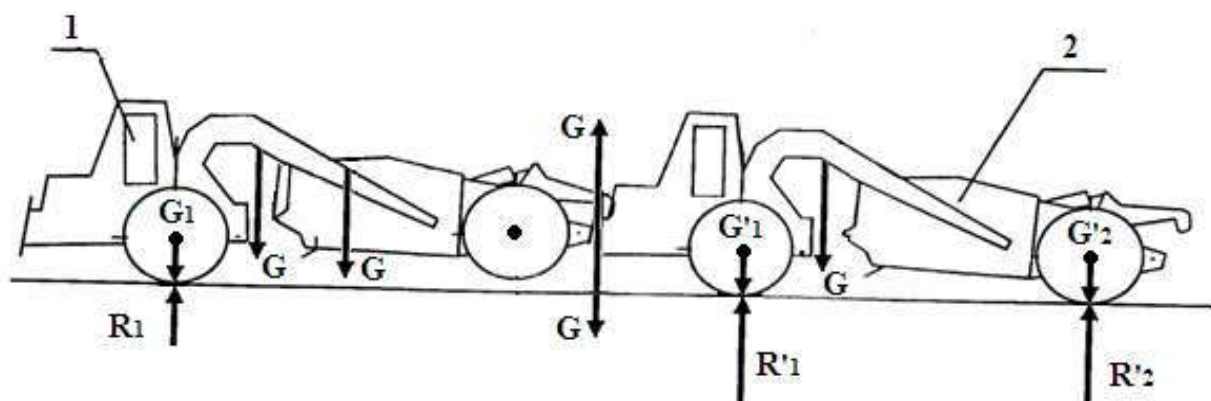
Суровые и специфические природно-климатические условия, особенно, северных широт, наличие мерзлой опорной поверхности (ОП) определяют приоритетное оснащение подразделений, осуществляющих подготовительные стадии при заготовке древесины, касающихся послойного копания, транспортирования и отсыпки грунтов при строительстве дорог современными и высокопроизводительными скреперами активного типа. В то же время, при работах по увеличению производительности и эффективности применения скреперов возникает ряд проблем, им препятствующих: наличия значительных сопротивлений грунта резанию, адгезионных процессов налипания грунта на поверхность ковша, неравномерного заполнения ковша скрепера из-за больших сопротивлений перемещению грунта. При этом, скрепер в большинстве случаев, не может выполнять самостоятельно операции технологического цикла без дополнительной вспомогательной машины-толкача (рис. 1).

Также, на плотных грунтах скрепер самостоятельно выполнять операции технологического цикла не может, поэтому, перед резанием грунта необходимо предварительно его разрыхлить специальной техникой.



Рисунок 1 – Выполнение скрепером забора грунта с помощью вспомогательной машины-толкача

Одним из вариантов решения проблемы недостаточной силы тяги скрепера является вариант использования скреперного поезда из двух соединенных между собой машин (рис. 2). Основным недостатком данного способа является необходимость оборудования машин металлоемким сцепным устройством сложной конструкции.

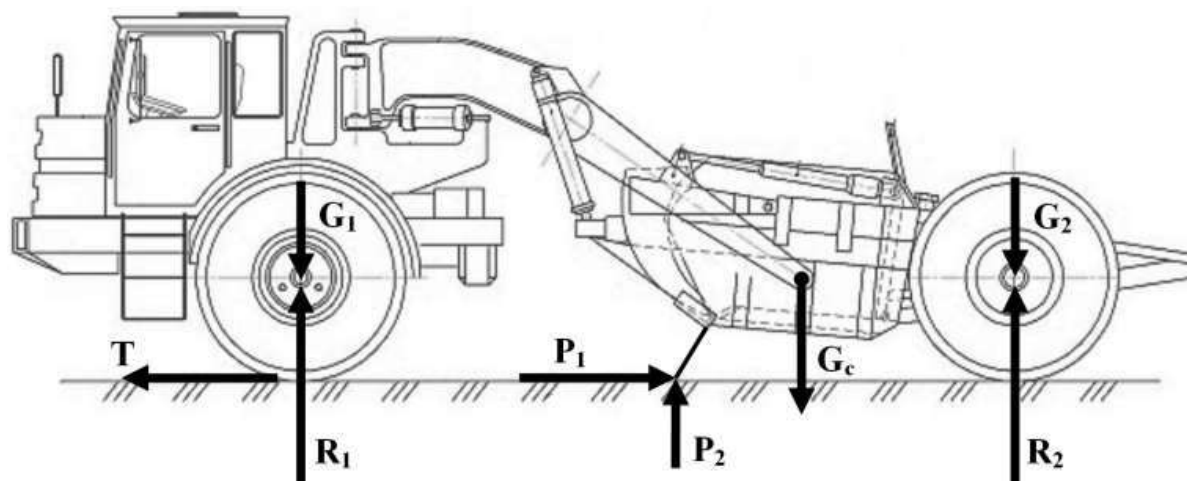


1 – передний скрепер; 2 – задний скрепер; R'_1 – нагрузка от ведущего моста; R_2 – нагрузка от ведомого моста переднего скрепера; R_1 – нагрузка от ведущего моста заднего скрепера; R'_2 – нагрузка от ведомого моста заднего скрепера; ΔR – величина догрузки в сцепном устройстве; G_c – сцепной вес
Рисунок 2 – Вертикальные силы, действующие на скреперный поезд

Сопротивление мерзлых грунтов сжатию, разрыву и сдвигу в зависимости от влажности и температуры различно: у песка непрерывно повышается прочность с увеличением влажности и понижением температуры; у супеси, суглинка и глины увеличение влажности приведет вначале к возрастанию, а затем к уменьшению сопротивления сжатию и разрыву, которые достигают максимума при влажности, близкой к полной влагоемкости [1].

При выполнении скрепером технологических операций резание грунта происходит при большой ширине захвата и относительно небольшой глубины резания. Для этого режущая кромка ножа устанавливается под углом к горизонтальной линии, за счет чего появляется вертикальная сила, стремящаяся заглубить ковш. При этом скрепер зарезается и силы тяги недостаточно для продолжения резания грунта. Для предотвращения заглубления передняя заслонка ковша опирается на грунт и скользит по нему, создавая дополнительное сопро-

тивление движению скрепера. На преодоление этого сопротивления может расходоваться до 30...35 % силы тяги скрепера, что требует применения второго двигателя, дополнительных вспомогательных машин-толкачей или скреперного поезда. Схема основных внешних сил и реакций, действующих на скрепер при резании грунта и заполнении его ковша показана на рис. 3.



G_1R_1 – вертикальная нагрузка и реакция на передней ведущей оси скрепера;
 G_2R_2 – вертикальная нагрузка и реакция на задней оси скрепера; G_c – вес груза в ковше скрепера; P_1 – сила сопротивления грунта резанию;

P_2 – вертикальная реакция от заглубления ковша

Рисунок 3 – Схема сил, действующих на ковш скрепера при копании

Сопротивление грунта разрушению за счет сдвига складывается из двух составляющих: не зависящих от вертикального давления по площадке скольжения (сцеплением при сдвиге) и зависящих от вертикального давления (внутреннего трения) [2]. Облегчение сдвига грунта благодаря его зональным дефектам, которые могут возникнуть из-за работы вибрационного ножа ковша скрепера, способствуют более легкому перемещению части грунта, чем при сдвиге всей поверхности на такую же величину.

Под действием механической нагрузки грунт разрушается в результате деформации, превосходящих предельные значения. Считается, что эти деформации происходят по плоскостям скольжения (плоскостям, по которым происходит сдвиг одних частиц относительно других).

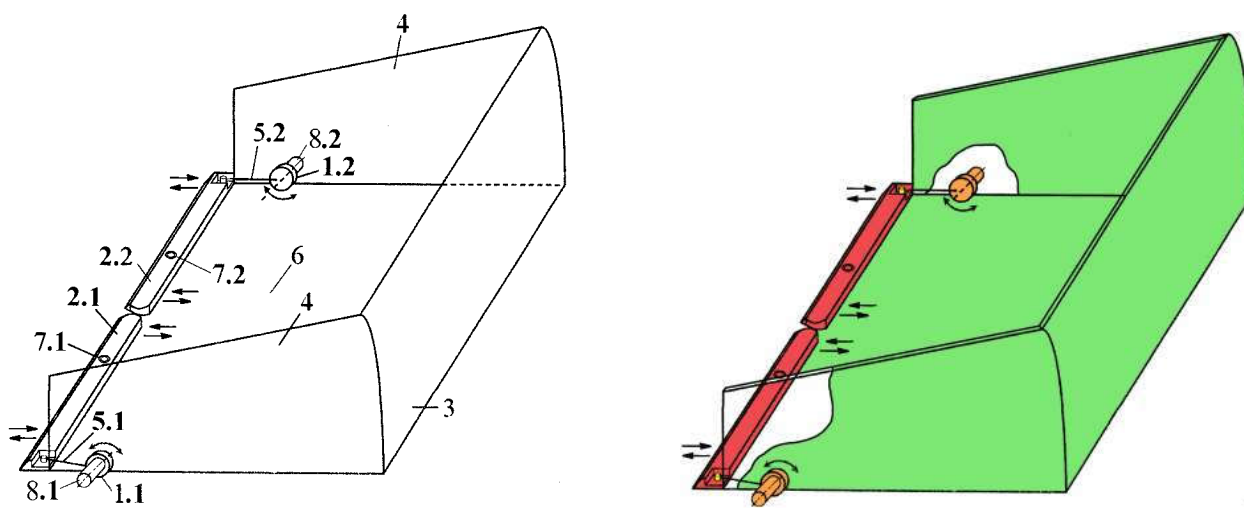
При разрушении грунта частицы сопротивляются относительному сдвигу. Это сопротивление характеризуется величиной сцепления. Сопротивление сдвигу по плоскости скольжения увеличивается в результате внутреннего трения частиц, возникающего под действием нормальных напряжений.

Таким образом, чтобы нарушить монолитность сложного грунта, необходимо, чтобы суммарное касательное напряжение от тангенциальных и нормальных внешних сил в плоскости скольжения ковша было равно наибольшему касательному напряжению.

Также, у существующих колесных землеройно-транспортных машин, к которым относятся скреперы, время воздействия технологического оборудования

на грунт при резании грунта непродолжительно, поэтому, прочность грунта (сопротивление сжатию, разрыву и сдвигу) должна определяться при таком времени воздействия. Поэтому, важным фактором при определении прочностных характеристик грунта является скорость деформации, с увеличением которой изменяются сцепление, угол внутреннего трения и возрастает хрупкость грунта [1].

В целях устранения указанных выше недостатков существующих колесных скреперов, авторами настоящей статьи была предложена усовершенствованная конструкция ковша скрепера с активными виброножами, представленная на рис. 4 [3].



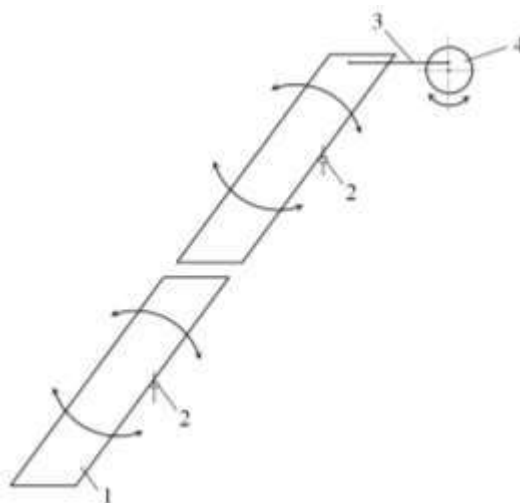
1.1, 1.2 – эксцентрик привода первой и второй частей ножа; 2.1, 2.2 – первая и вторая часть ножа; 3 – задняя стенка ковша; 4 – боковая стенка ковша; 5.1, 5.2 – тяга привода первой и второй частей ножа; 6 – днище ковша; 7.1, 7.2 – ось первой и второй частей ножа; 8.1, 8.2 – гидромотор привода первой и второй частей ножа

Рисунок 4 – Расположение активных виброножей на ковше скрепера

При заглублении ковша скрепера в грунт включается возбуждающий механизм, при этом, эксцентриковые валы начинают вращаться, а подвижные ножи поворачиваются вокруг своих центральных опор, создавая циклическую пульсирующую нагрузку на массив грунта (рис. 5).

Поскольку движение вперед осуществляет только часть ножа, общее сопротивление резанию снижается. В грунте развивается трещина и откалывается слой грунта, который одновременно и разрыхляется. Изменяя угловую скорость вращения эксцентрикового вала, можно изменять частоту колебаний виброножа, и, соответственно, подбирать оптимальный режим резания для определенного грунта (по упругости, влажности, фракционному составу). В ковше скрепера необходимо смонтировать два виброножа с одинаковыми размерами и параметрами колебаний, что будет обеспечивать симметрию нагрузки.

Использование активного вибрационного рабочего органа, разработанного авторами статьи, позволит снизить сопротивление резания, что обеспечит разработку грунтов III и IV категории, а так же мерзлых грунтов I и II категории.



1 – подвижный вибронож; 2 – центральная опора подвижного виброножа;

3 – тяга; 4 – эксцентриковый вал

Рисунок 5 – Привод подвижных виброножей

Возможность разработки подобных грунтов без применения вспомогательной машины-толкача только одним скрепером позволит увеличить экономическую эффективность выполнения технологических операций в несколько раз, что будет способствовать повышению показателя эффективности применения скрепера с предложенным в статье авторами новым технологическим оборудованием.

Данная проблема является актуальной и требует дальнейшего изучения.

Список литературы

1. Желукевич Р.Б. Разработка мерзлых грунтов землеройными машинами с дисковым инструментом: монограф. / Р.Б. Желукевич. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. – 196 с.
2. Гольдштейн М.Н. Механические свойства грунтов / М.Н. Гольдштейн. – М: Издательство литературы по строительству, 1971. – 368 с.
3. Патент РФ на изобретение № 2843913, МПК E 02 F 3/64, Ковш скрепера / В.В. Гудков, П.А. Сокол, Р.В. Могутов, А.Н. Янин, Т.М. Хакимов; заявитель ВУНЦ ВВС «ВВА», – № 2024121928; заявл. 20.07.2024; опубл. 21.07.2025.

References

1. Zhelukevich R.B. Development of frozen soils by earth-moving machines with disk tools: monograph / R.B. Zhelukevich. – Krasnoyarsk: Sib. feder. un-t, 2012. – 196 p.
2. Goldstein, M.N. Mechanical Properties of Soils / M.N. Goldstein. – Moscow: Publishing House of Construction Literature, 1971. – 368 p.
3. Russian Federation Patent for Invention №. 2843913, IPC E 02 F 3/64, Scraper Bucket / V.V. Gudkov, P.A. Sokol, R.V. Mogutnov, A.N. Yanin, T.M. Khakimov; applicant: VUNTS VVA Air Force Academy, №. 2024121928; applied on July 20, 2024; published on July 21, 2025.