

УДК 629.114.2

В.И. Посметьев¹, В.А. Зеликов¹, А.И. Третьяков¹, В.В. Посметьев²¹Воронежская государственная лесотехническая академия²Воронежский государственный технический университет

Посметьев Валерий Иванович родился в 1946 г., окончил в 1978 г. Воронежский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой производства, ремонта и эксплуатации машин Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 250 научных работ в области технических средств и систем защиты машин от перегрузок.

E-mail: posmetyev@mail.ru



Зеликов Владимир Анатольевич родился в 1974 г., окончил в 1996 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры организации перевозок и безопасности движения Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет более 35 научных работ в области технических средств и систем защиты машин от перегрузок.

E-mail: zelikov-vrn@mail.ru



Третьяков Александр Иванович родился в 1987 г., окончил в 2009 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, аспирант кафедры производства, ремонта и эксплуатации машин ВГЛТА. Имеет 5 научных работ.

E-mail: tret'yakov-ai@mail.ru



Посметьев Виктор Валерьевич родился в 1979 г., окончил в 2001 г. Воронежский государственный технический университет, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики Воронежского государственного технического университета. Имеет более 150 научных работ в области применения классической механики для моделирования сложных механизмов и атомной структуры материалов.

E-mail: viktorvpo@mail.ru



О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕКУПЕРИРУЕМОЙ ЭНЕРГИИ ЛЕСНОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО АГРЕГАТА ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Предложено для интенсификации процессов обработки почвы использовать энергию, вырабатываемую системой рекуперации в том же технологическом процессе.

Ключевые слова: рекуперация, лесной почвообрабатывающий агрегат, вибрационная интенсификация, моделирование, культиватор КЛБ-1,7.

Одним из направлений повышения эффективности лесных почвообрабатывающих орудий является интенсификация рабочего процесса, которая в основном обеспечивается за счет создания дополнительных движений рабочего органа (вибрация, принудительное вращение дисковых рабочих органов и т.п.) или какими-либо движущимися дополнительными элементами (фрезы, вращающиеся пальцы и т.п.) рабочих органов. В качестве привода интенсифицирующего устройства в настоящее время используют либо вал отбора мощности агрегируемого трактора со сложной многоступенча-

той передачей, либо гидромоторы, давление к которым подводится от гидросистемы трактора. В обоих случаях происходят потери мощности трактора на привод, что может отрицательно влиять на производительность и энергозатраты агрегата. Как правило, мощность, необходимая для интенсификации технологического процесса, составляет от 1,5 до 5,0 кВт [3].

В лесном машиностроении существует большая проблема в области разработки эффективных систем рекуперации (СР) энергии, останавливающая их развитие и применение. Разработанная нами ранее механико-гид-

равлическая СР позволяет возвращать около 3...4 кВт мощности за счет уменьшения паразитных колебаний, возникающих при движении агрегата по сложному рельефу и преодолении препятствий [2]. Проблема заключается в том, что рекуперированную энергию необходимо использовать для полезной работы непосредственно во время движения агрегата, так как ее сложно накапливать или возвращать в силовую часть трактора простыми техническими средствами.

Цель нашей работы – теоретическое обоснование использования рекуперированной энергии для интенсификации технологического процесса.

Приобретенный опыт имитационного компьютерного моделирования и экспериментальная апробация его результатов позволяют адекватно представить лесной почвообрабатывающий агрегат и все его подсистемы. Имитационная модель позволяет задавать около 60 параметров агрегата и исследовать их влияние на основные показатели эффективности работы механизма: качество обработки, производительность, затраты мощности [2, 3]. Применение метода конечных элементов максимально приближает к реальности модель почвы [4, 5]. В качестве примера на рис. 1 представлены результаты исследования влияния угла атаки α дисковой батареи культиватора КЛБ-1,7 на профиль оставляемой борозды и качество перемещения почвы.

На первом этапе исследований была изучена возможность возвращения мощности с использованием СР. Предлагаемая СР состояла из трех типов элементов, устанавливаемых в каретках агрегируемого трактора ДТ-75, между корпусом трактора и навеской и в предохранительном устройстве культиватора КЛБ-1,7. Подробное описание методики моделирования агрегатов, оснащенных СР, приведено в работе [2].

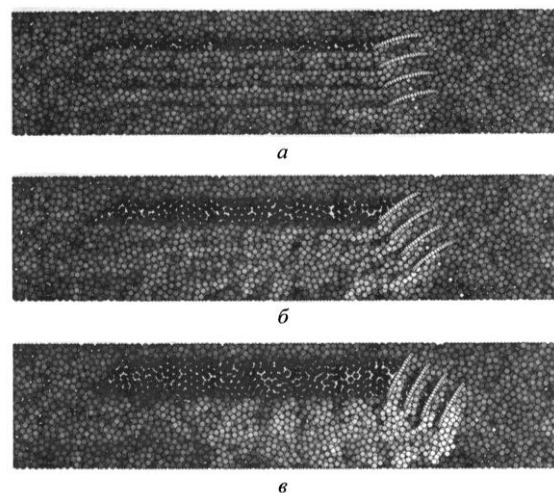


Рис. 1. Различные механизмы перемещения пластов почвы в зависимости от угла атаки дисковой батареи: а – $\alpha = 15^\circ$; б – 35° ; в – 60°

Основную долю рекуперированной энергии обеспечивают рекуперативные элементы, расположенные в каретках трактора и играющие роль дополнительных демпферов. Чем сложнее рельеф поверхности, тем большую рекуперированную мощность N_p обеспечивают эти элементы. В рамках модели задавали рельеф поверхности, т. е. функцию высоты поверхности от горизонтального положения трактора $z(x)$, как суперпозицию гауссовских пиков с параметрами x_i (положение выпуклости поверхности или препятствия), H_i (высота препятствия) и σ_i (среднеквадратическое отклонение, задающее ширину препятствия):

$$z(x) = \sum_{i=1}^{N_n} H_i \exp\left(-\frac{(x - x_i)^2}{\sigma_i^2}\right),$$

где N_n – число гауссовских пиков.

Гауссовские пики распределялись на длине (1 км) контрольного участка случайным образом по равномерному закону. При этом параметры H_i и σ_i также выбирали случайным образом по равномерному закону из некоторых интервалов. Характерные значения интервалов: от 0 до 0,1 м – для H_i ; от 0,05 до 0,15 м – для σ_i .

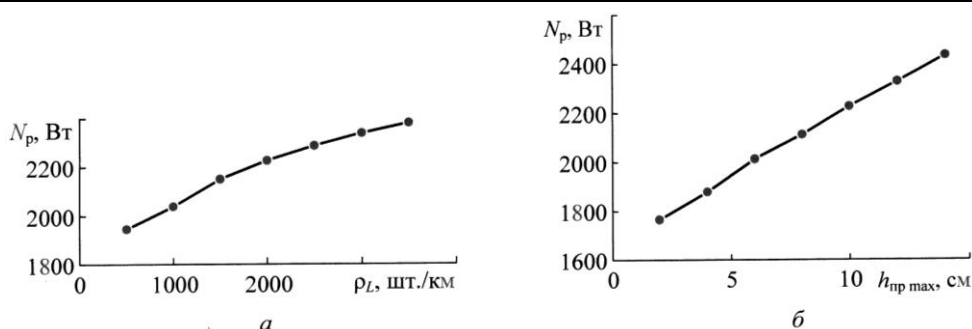


Рис. 2. Зависимость рекуперированной мощности N_p от линейной плотности препятствий ρ_L (а) и их высоты $h_{\text{пр max}}$ (б)

Число гауссовских пиков $N_{\text{п}}$ на контрольном участке длиной L очевидно связано с линейной плотностью препятствий ρ_L следующим соотношением:

$$N_{\text{п}} = \rho_L L.$$

Многочисленные компьютерные эксперименты позволили получить зависимость мощности N_p от плотности препятствий ρ_L и их высоты $h_{\text{пр max}}$ [1]. В ходе эксперимента плотность препятствий изменяли от 500 до 3500 шт./км с шагом 500 шт./км, их высоту – от 2 до 14 см с шагом 2 см (рис. 2). С ростом ρ_L увеличивается частота встреч препятствий с катками кареток, вследствие чего повышается частота движений поршня в гидроцилиндрах кареток. Поэтому с увеличением ρ_L эффективность работы СР возрастает, т. е. зависимость $N_p(\rho_L)$ является возрастающей (рис. 2, а), а зависимость $N_p(h_{\text{пр max}})$ – практически линейной (рис. 2, б). Увеличение мощности, возвращаемой ТМ, с ростом высоты препятствий также можно объяснить интенсификацией движения поршня гидроцилиндров кареток. Таким образом, СР дает тем больший эффект, чем выше плотность препятствий и ярче выражена их форма. Однако, несмотря на то, что условия работы агрегата изменяются в широких пределах, мощность, возвращаемая СР, довольно постоянна (1,9 ... 2,4 Вт), что свидетельствует о стабильности работы данной СР.

На *втором этапе* исследований было изучено влияние вибрации дисковой батареи культиватора КЛБ-1,7, создаваемой механизмом, совмещенным с предохранительным устройством, на заглубляемость дисковой батареи и затраты мощности на вибрацию. Имитационное моделирование осуществлялось аналогичным образом, за исключением того, что агрегат был оснащен не СР, а гидромеханической системой создания вибрации.

На рис. 3 представлены результаты моделирования. В рамках первой серии компьютерных экспериментов изменяли частоту вибрации f от 0 до 39 Гц с шагом 3 Гц при постоянной амплитуде вибрации ($A = 4$ см), во второй серии амплитуду вибрации A изменяли от 0 до 9 см с шагом 1 см при постоянной частоте ($f = 5$ Гц). Зависимость мощности от частоты имеет квадратичный характер $N(f) \sim f^2$, который, по-видимому, связан с тем, что с увеличением частоты возрастают скорости смещения почвы. При этом кинетическая энергия и, соответственно, мощность пропорциональны квадрату скорости. Благодаря квадратичной зависимости $N(f)$, при малых частотах мощность медленно возрастает с увеличением f , а в области больших частот – быстро. Поэтому возникает вопрос об оптимальном значении частоты, при которой достаточно велика

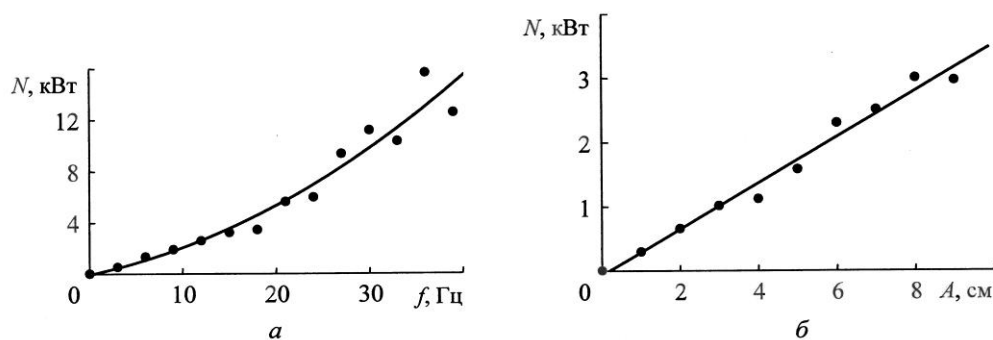


Рис. 3. Зависимость мощности N , необходимой для создания вибрации дисковой батареи культиватора, от частоты f (а) и амплитуды A (б) вибрации

глубина обработки, а затрачиваемая мощность достаточно мала. Судя по полученным зависимостям, оптимальная частота составляет 4...5 Гц. Линейный характер зависимости $N(A)$, по-видимому, связан с тем, что работа по смещению почвы на заданное расстояние (амплитуда вибрации) приблизительно пропорциональна самому расстоянию, а мощность пропорциональна совершенной работе.

Сравнивая результаты, полученные на первом и втором этапах исследований, можно сделать заключение, что мощность, создаваемая СР (1,9...2,4 кВт), приблизительно равна мощности, необходимой для создания вибрации дисковой батареи (1,2 ... 1,8 кВт на одну дисковую батарею), т. е. интенсификация технологического процесса является естественным использованием возвращаемой энергии СР.

Следует отметить, что большинство интенсифицирующих механизмов сохраняют работоспособность в широком диапазоне подводимой мощности (например, механизм виброзаглубления обеспечивает дополнительное заглубление при увеличении (или уменьшении) мощности ориентировочно до 50 %). Поэтому флуктуации мощности СР, вызванные постоянно меняющимися условиями движения на лесных объектах, не приведут к прекращению

работы интенсифицирующего механизма, а лишь несколько повлияют на качество его работы. При использовании гидромеханической СР энергия колебаний преобразуется в энергию сжатия рабочей жидкости в гидравлической системе. Поэтому для интенсифицирующих механизмов целесообразно использовать гидравлический привод, в частности гидромоторы.

Таким образом, для интенсификации процессов обработки почвы может быть использована энергия, вырабатываемая системой рекуперации в том же технологическом процессе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дегтярев Ю.И. Методы оптимизации: Учеб. пособие для вузов. М.: Сов. радио, 1980. 272 с.
2. Исследование с помощью математической модели динамики почвообрабатывающего агрегата, оснащенного системой рекуперации энергии / В.И. Посметьев [и др.] // Вестник Воронежского государственного политехнического университета. 2006. Т. 2, вып. 8. С. 44–47.
3. Посметьев В.И., Посметьев В.В. Модель процесса вибрационного взаимодействия с почвой дисковых рабочих органов лесных орудий // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления лесного комплекса: Сб. науч. тр. / ВГЛТА. Воронеж, 1999. С. 202–206.

4. Расчет и проектирование строительных и дорожных машин на ЭВМ / Под ред. Е.Ю. Малиновского. М.: Машиностроение, 1980. 216 с.

5. Шаров Н.М. Исследование почвообрабатывающих машин методами комбинированного моделирования // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1981. № 2. С. 50–53.

Поступила 29.04.10

V.I. Posmetiev¹, V.A. Zelikov¹, A.I. Tretyakov¹, V.V. Posmetiev²

¹ Voronezh State Academy of Forestry and Technologies

² Voronezh State Technical University

On Possibility of Using Recuperative Energy of Forest Soil Cultivating Machine for Technological Process Intensification

It is proposed to use energy produced by the recuperative system of the technological process for intensification of soil cultivating process.

Keywords: recuperation, forest soil cultivating aggregate, vibration intensification, simulation, KLB-1.7 cultivator.

