

РЕЗУЛЬТАТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛЕСНОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО АГРЕГАТА С МЕХАНИЗМАМИ РЕКУПЕРАЦИИ И ВИБРАЦИОННЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

Третьяков А. И.

ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия», Воронеж, Россия (394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8), treyakov-ai@mail.ru

Разработаны имитационные модели движения гусеничного и колесного тракторов в условиях вырубок, позволяющие изучить влияние основных конструктивных и технологических параметров на эффективность работы системы рекуперации энергии лесного почвообрабатывающего агрегата. Приведены зависимости рекуперированной мощности от количества, ширины и плотности встречающихся препятствий на контрольном участке. Кроме этого, представлены зависимости рекуперированной мощности от массы колесного и гусеничного тракторов. На основе анализа полученных зависимостей сделаны выводы, что система рекуперации энергии лесного почвообрабатывающего агрегата при изменении в широких пределах условий работы и параметров агрегата способна аккумулировать достаточно значительные величины мощности, порядка 1,5 ... 2 кВт, которая может быть полезно использована для привода вибрационного механизма рабочих органов.

Ключевые слова: лесной почвообрабатывающий агрегат, имитация, модель, рекуперация.

RESULTS OF MATHEMATICAL MODELING TILLAGE FOREST UNIT WITH MECHANISMS RECOVERY AND VIBRATING WORKERS BODIES

Tretyakov A. I.

*Voronezh State Forestry Academy, Voronezh
Voronezh, Russia (394087 Voronezh, Timiryazeva str., 8), treyakov-ai@mail.ru*

Developed simulation model of the crawler and wheeled tractors in logging operations allow to study the influence of major structural and technological parameters on the efficiency of energy recovery system of tilling the forest unit. The dependences of recyclable power of the number, width and density of the obstacles encountered in the control plot. In addition, shows the power of the mass of recyclable wheeled and crawler tractors. Based on the analysis of the dependencies, concluded that the system of energy recovery unit in the tilling of forest change in a wide range of operating conditions and parameters of the unit is able to accumulate quite large quantities of power, the order of 1.5 ... 2 kW, which can be useful for vibratory drive mechanism of the working bodies.

Keywords: forest tillage aggregate, simulation model, recovery.

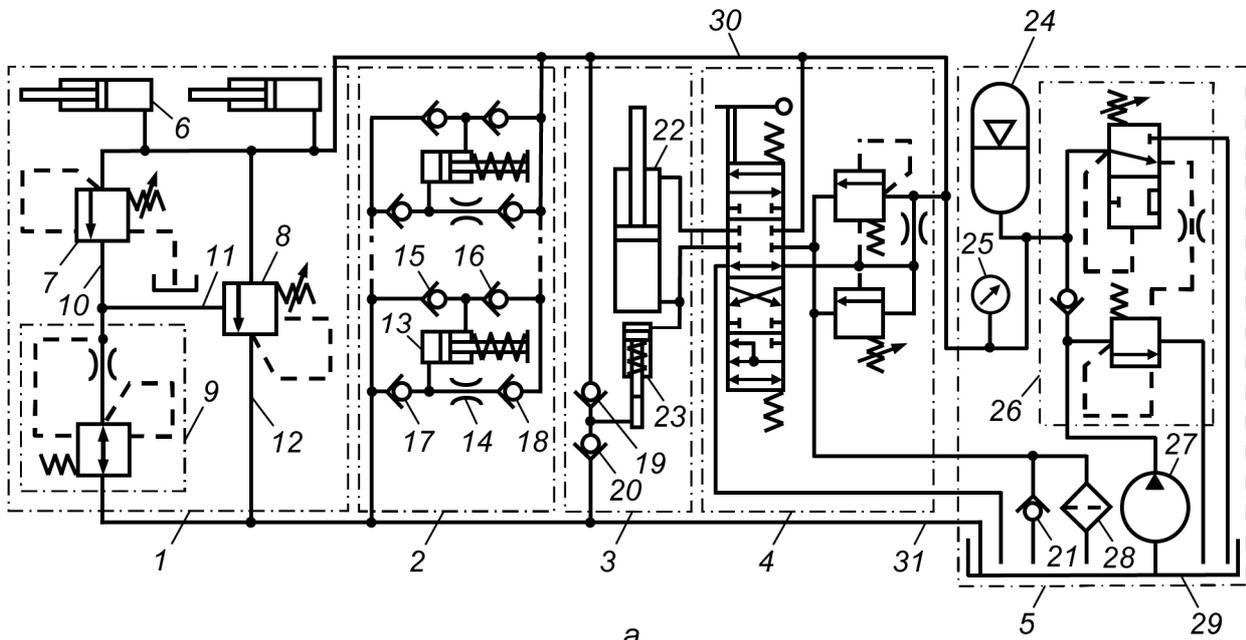
Введение. Одним из направлений повышения эксплуатационных свойств лесных почвообрабатывающих машин является разработка систем рекуперации (СР) энергии [1]. Работа почвообрабатывающих агрегатов на лесных объектах сопряжена со значительными затратами энергии и соответственно топлива, по сравнению, например, с работой сельскохозяйственных машин [2, 5]. Можно выделить три фактора, приводящие к непродуктивным затратам энергии агрегата на лесных объектах:

- сложный рельеф поверхности, вызывающий колебания корпуса трактора и навесного почвообрабатывающего орудия относительно трактора;
- наличие большого количества препятствий в виде пней, корней, камней и т.п.;
- необходимость часто отклоняться от прямолинейного движения агрегата для выбора безопасных или оптимальных траекторий.

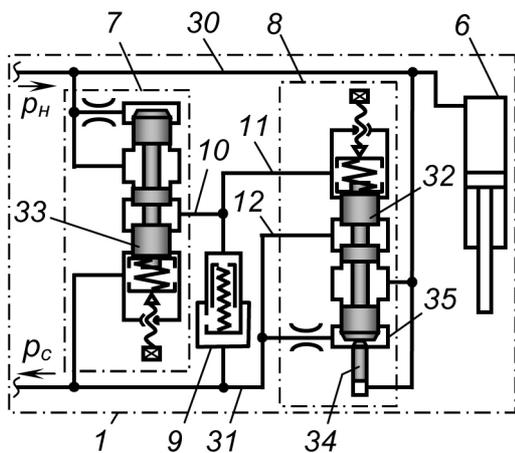
Для преобразования большей части непродуктивно расходуемой энергии в энергию, пригодную для текущего использования (например, для вибрационной интенсификации технологического процесса), сотрудниками ВГЛТА разработана энергосберегающая система для лесного почвообрабатывающего агрегата (ЛПА). Данное техническое решение защищено положительным решением по заявке на патент РФ № 2010128888 «Гидропривод почвообрабатывающего агрегата» от 12.07.2010 г.

Основными источниками рекуперации энергии в ЛПА являются механизмы предохранителя рабочих органов культиватора 1, подвески 2 и навесного устройства трактора 3. Работа всех трех механизмов рекуперации 1, 2 и 3 ЛПА основана на насосном эффекте, возникающем при возвратно-поступательном движении штоков гидроцилиндров 13, 23 и соответствующей работе обратных клапанов 15 ... 19. Безвозвратно теряемая энергия в традиционных ЛПА в данном случае направляется в насосно-аккумуляторный узел 5 и полезно используется при работе вибрационного механизма рабочих органов культиватора 1. Принципиальная гидравлическая схема гидропривода лесного почвообрабатывающего агрегата с механизмами рекуперации энергии, вибрации и защиты от перегрузок рабочих органов дискового культиватора при положении «Нейтральное» гидрораспределителя навесного механизма трактора представлена на рисунке 1 [1].

Принцип работы гидравлического вибрационного механизма заключается в следующем. При движении культиватора на вырубке его рабочие органы надежно удерживаются в почве на заданной глубине обработки благодаря установленному давлению p_n в гидроцилиндре 7, передаваемого из напорной магистрали 30 от насосно-аккумуляторного узла гидросистемы агрегатируемого трактора 5. Импульсные изменения величины давления рабочей жидкости (частотой 5 ... 7 Гц) в гидроцилиндре 7 обеспечиваются работой золотника 12 клапана давления 9, который постоянно сбрасывает давление рабочей жидкости в сливную магистраль 31. Пульсация давлений в напорной магистрали приводит к колебаниям поршня со штоком гидроцилиндра 7, и соответственно к возбуждению вибрации на рабочих органах дискового культиватора.



а



б

1 – механизм вибрации, рекуперации и предохранителя рабочих органов культиватора; 2 и 3 – механизмы рекуперации подвески и навесного механизма трактора; 4 – гидрораспределитель трактора; 5 – насосно-аккумуляторный узел; 6 – гидроцилиндр предохранителя и вибрационного механизма рабочих органов культиватора; 7 и 8 – напорные клапаны; 9 – клапан ограничителя расхода рабочей жидкости; 10 ... 12 – соединительные трубопроводы; 13 – гидравлический амортизатор подвески трактора; 14 – дроссель нерегулируемый; 15 ... 21 – клапаны обратные; 22 – гидроцилиндр навесного механизма; 23 – мультипликатор давления; 24 – пневмогидроаккумулятор; 25 – манометр; 26 – клапан разгрузочный автоматический; 27 – насос; 28 – фильтр; 29 – гидробак; 30 и 31 – напорная и сливная магистрали; 32, 33 – золотники; 34 – плунжер; 35 – проточка в корпусе золотника.

25 – манометр; 26 – клапан разгрузочный автоматический; 27 – насос; 28 – фильтр; 29 – гидробак; 30 и 31 – напорная и сливная магистрали; 32, 33 – золотники; 34 – плунжер; 35 – проточка в корпусе золотника.

Рисунок 1. Схемы лесного почвообрабатывающего агрегата: а – гидравлическая; б – принципиальная гидравлическая механизма вибрации, рекуперации и предохранителя рабочих органов

Цель исследования. Результаты исследования. Целью исследования является оценка влияния конструктивных и технологических параметров агрегата при помощи разработанной универсальной модели на эффективность системы энергосбережения агрегата. Для теоретического исследования используется имитационное компьютерное моделирование, которое позволяет еще до создания реального почвообрабатывающего агрегата оценить его эффективность и тем самым существенно уменьшить время и затраты на разработку оптимальной конструкции агрегата. Исследование параметров системы рекуперации энергии производилось по разработанным трехмерным имитационным моделям движения гусеничного и колесного тракторов на вырубке, на которые были получены свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2011612917 и № 2011614082 [3, 4]. Каждая про-

грамма позволяет изменять большое количество параметров, описывающих отдельные элементы модели. Наиболее важные параметры можно изменять на интерфейсной форме программы, для чего предусмотрено большое количество окон ввода (рис. 2). Остальные параметры могут быть изменены в коде программы.

Одним из основных параметров вырубki является рельеф опорной поверхности, в частности, количество препятствий N_n , линейная плотность препятствий ρ_L и верхние границы $w_{пр\ max}$ интервалов, из которых случайным образом выбирается ширина препятствий. Соответственно были проведены четыре серии экспериментов (рис. 3, 4). Количество препятствий изменяли от 0 до 1600 шт./км с шагом 200 шт./км – для колесного трактора и от 0 до 1800 шт./км с шагом 200 шт./км – для гусеничного трактора. Плотность препятствий ρ_L изменяли от 0 до 1800 шт./км с шагом 200 шт./км для обоих типов тракторов. Ширину препятствий $w_{пр\ max}$ изменяли от 10 до 55 см с шагом 5 см для обоих типов тракторов.

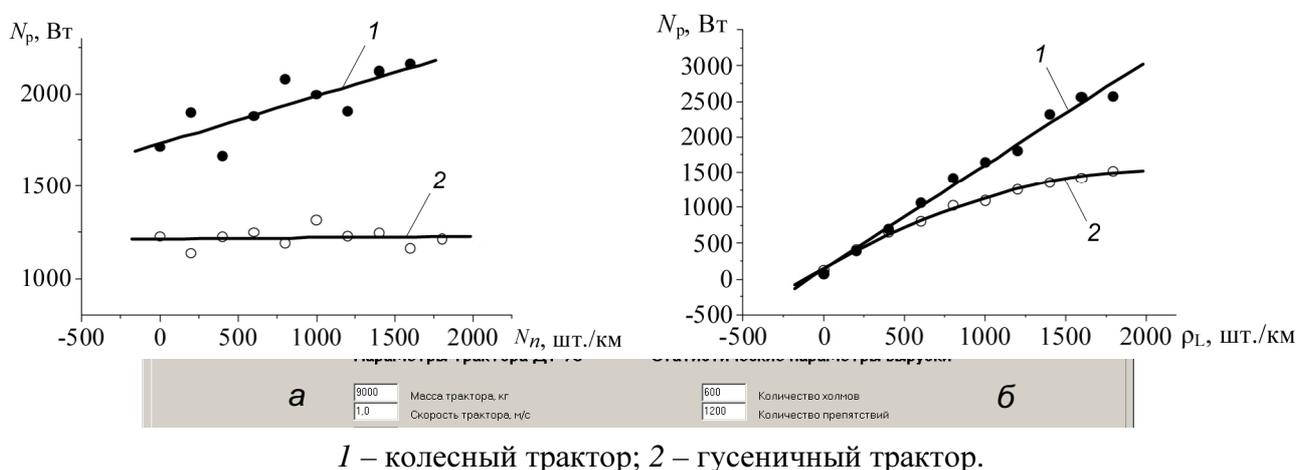


Рисунок 3. Зависимости рекуперированной мощности N_p от количества препятствий N_n (а) и плотности препятствий ρ_L на контрольном участке длиной 0,5 км (б)

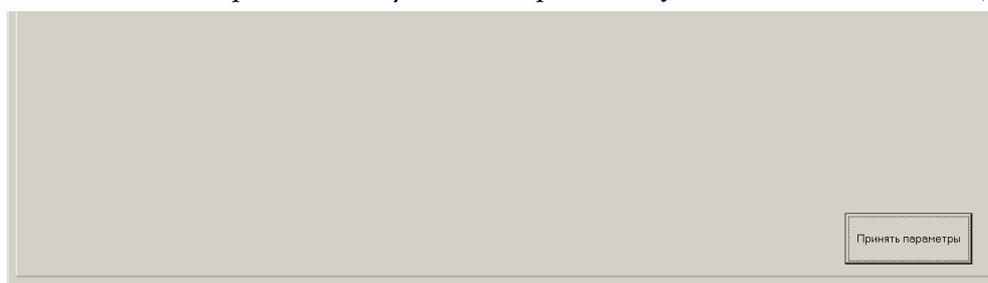
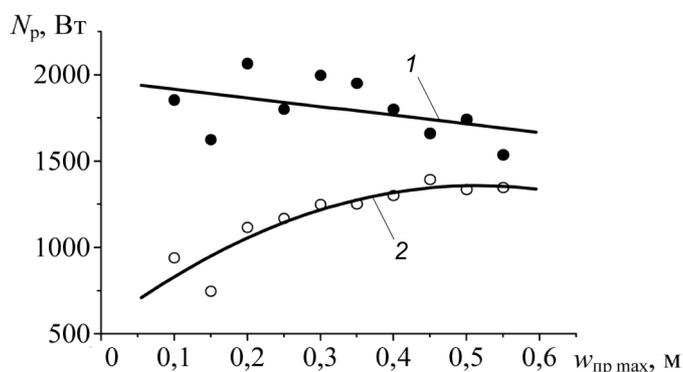


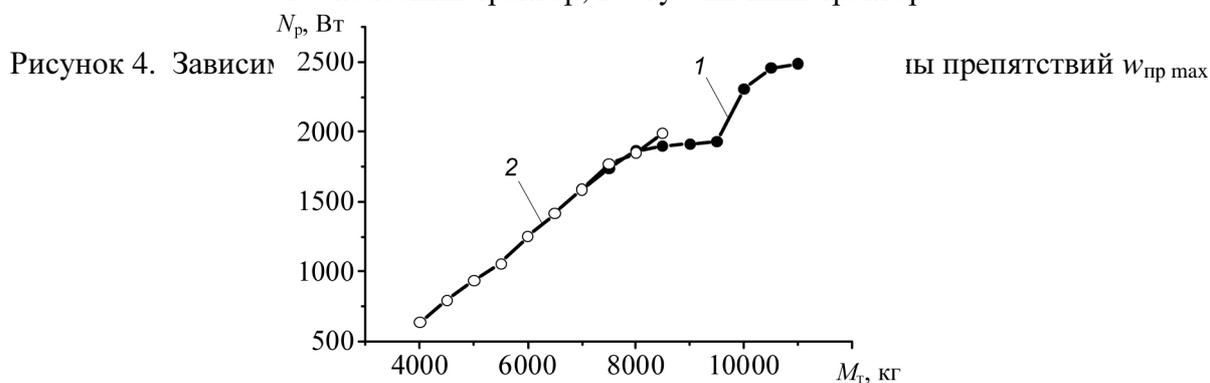
Рисунок 2. Форма ввода исходных данных для расчета

Было установлено, что для колесного трактора с увеличением количества препятствий N_n рекуперированная мощность линейно возрастает (рис. 3). Для гусеничного трактора рекуперированная мощность практически не зависит от количества препятствий.

С увеличением плотности препятствий ρ_L увеличивается частота встреч препятствий с катками кареток. Вследствие этого увеличивается частота движений поршня в гидроцилиндрах кареток. Поэтому с увеличением ρ_L эффективность системы рекуперации возрастает, соответственно зависимость $N_p(\rho_L)$ является возрастающей (рис. 3), как для колесного, так и для гусеничного тракторов. С увеличением ширины $w_{пр\ max}$ препятствия становятся менее выраженными, поэтому частота и амплитуда срабатывания гидроцилиндров кареток уменьшаются, вследствие чего зависимость $N_p(w_{пр\ max})$ для колесного трактора является убывающей (рис. 4). Для гусеничного трактора зависимость $N_p(w_{пр\ max})$ является возрастающей. Таким образом, СР дает тем больший эффект, чем выше плотность препятствий и чем ярче выражена их форма.



1 – колесный трактор; 2 – гусеничный трактор.



1 – колесный трактор; 2 – гусеничный трактор.

Рисунок 5. Зависимость рекуперированной мощности N_p от массы трактора M_T

Важным параметром тракторов эксплуатируемых на лесных объектах является их масса. Причем в лесном хозяйстве часто используются не только лесные трактора – ЛХТ-55, ТДТ, но и различные сельскохозяйственные – ДТ-75, Т-150, МТЗ-80, МТЗ-82. Масса данных тракторов существенно различается, поэтому целью компьютерных экспериментов было выявить влияние массы тракторов на величину рекуперированной энергии. Для исследования влияния массы трактора были проведены две серии компьютерных экспериментов, в кото-

рых изменяли массу трактора M_T от 7000 до 11000 кг с шагом 500 кг для колесного трактора и от 4000 до 8500 кг с шагом 500 кг для гусеничного трактора (рис. 5).

Для обоих типов тракторов рекуперлируемая мощность возрастает с увеличением массы трактора, однако эти зависимости имеют различный характер. Для колесного трактора при $M_T = 7000-9500$ кг величина N_p очень слабо зависит от массы, при $M_T = 9500$ кг наблюдается резкий (приблизительно на 20 %) рост рекуперлируемой мощности, и, наконец, при дальнейшем увеличении массы трактора наблюдается медленный рост N_p . Для гусеничного трактора зависимость рекуперлируемой мощности от массы трактора является линейной на всем интервале изменения величины M_T .

Выводы. Таким образом, можно заключить, что при изменении параметров опорной поверхности лесных объектов, а также параметров тракторов, в частности, массы трактора, было установлено, что система рекуперации энергии позволяет запастись достаточно существенные значения мощности – 1,5 ... 2 кВт. Это свидетельствует о том, что данной энергии должно быть достаточно для полезного ее использования в качестве привода вибрационного механизма рабочих органов почвообрабатывающего орудия и соответственно интенсификации процесса обработки почвы.

Список литературы

1. Лесной дисковый культиватор с энергосберегающим гидроприводом / В. И. Посметьев, В. А. Зеликов, А. И. Третьяков, В. В. Посметьев // Современные проблемы и перспективы рационального лесопользования в условиях рынка: материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов / СПбГЛТА. – СПб., 2011. – С. 313-318.
2. Посметьев В. И. Методологические основы повышения эффективности почвообрабатывающих орудий с помощью предохранителей: монография / Воронеж: ВГЛТА, 1999. – 196 с.
3. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Имитация движения колесного трактора по лесной вырубке / В. А. Зеликов, В. И. Посметьев, А. И. Третьяков, В. В. Посметьев; правообладатель ВГЛТА. – № 2011612917; заявл. 27.12.2010; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 12.04.2011.
4. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Имитация движения гусеничного трактора по лесной вырубке / В. А. Зеликов, В. И. Посметьев, А. И. Третьяков, В. В. Посметьев; правообладатель ВГЛТА. – № 2011614082; заявл.

01.04.2011; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 25.05.2011.

5. Третьяков А. И. Анализ причин возмущающих воздействий на лесные почвообрабатывающие агрегаты в условиях нераскорчеванных вырубок // Лесотехнический журнал / ГОУ ВПО «ВГЛТА». – Воронеж, 2011. – № 3. – С. 114-119.

Рецензенты:

Тарасенко А. П., д.т.н. профессор, заведующий кафедрой сельскохозяйственных машин, ФГОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж.

Афоничев Д. Н., д.т.н. профессор, заведующий кафедрой ремонта машин, ФГОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж.