

УДК 634.0.36: 634.0.5

В. А. Грязин, А. В. Егоров

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МАШИН С СИСТЕМОЙ РЕКУПЕРАЦИИ ЭНЕРГИИ

Рассмотрена эффективность использования машин и оборудования лесозаготовительного комплекса за счет рационального использования энергоаккумулирующих устройств. Представлена методика определения энергетических параметров и результаты проведения математического эксперимента на примере многооперационной лесозаготовительной машины. Сформулированы принципы использования двигателей внутреннего сгорания лесозаготовительной техники, работающих в режиме открытой термодинамической системы по критерию энергосбережения.

Введение. Современный процесс заготовки и трелевки древесины в России осуществляется с применением системы машин, созданных, в большинстве своем, на базе трелевочных тракторов Онежского и Алтайского тракторных заводов. Дальнейшее совершенствование конструкции специальных лесных машин привело к тому, что многооперационные машины, такие, как ЛП-19 и МЛ-135, первоначально созданные на базе трелевочных тракторов, становятся самостоятельными объектами разработки. Тем не менее, лесозаготовительная техника по-прежнему работает без применения энергосберегающих технологий.

Актуальность внедрения энергосберегающих технологий при проведении лесозаготовок подтверждается возрастающей зависимостью современного прогресса от невозобновляемых источников энергии (углеводородного топлива). Сокращение мировых запасов нефти и газа, а также возрастание цен на энергоресурсы, стимулируют производителей более интенсивно использовать технологии, подразумевающие частичное или полное возвращение в технологический процесс энергии, прикладываемой к предмету труда и теряемой в процессе работы (рекуперацию энергии).

Проведенный анализ конструкции лесозаготовительных машин, оборудования и технологии их работы показал, что исследования, направленные на повышение эффективности работы лесозаготовительных машин с учетом технологий рекуперации энергии, проведены в недостаточном объеме. Одним из перспективных направлений в этой области является применение открытых термодинамических систем (ОТС), в состав которых входит силовая установка и энергоаккумулятор [1,2].

Цель работы: повысить эффективность использования лесозаготовительных многооперационных машин с применением технологии рекуперации энергии.

Для достижения поставленной цели требуется решить следующие задачи:

1. Определить энергетические затраты на выполнение технологических операций при работе многооперационных машин.

2. Разработать технологию работы лесной машины с энергоаккумулятором в режиме рекуперации энергии.

3. Оптимизировать режим работы силовой установки как ОТС с учетом технологического процесса лесозаготовок.

Математическая модель, определяющая энергетические затраты на выполнение операций при работе многооперационных машин, основана на технологии процесса валки дерева. Для валочно-сучкорезно-раскряжечных машин (ВСРМ) типовой процесс можно разложить на следующие операции: Движение машины – Наведение захватно-срезающего устройства (ЗСУ) на ствол – Захват дерева – Пиление ствола дерева – Сталкивание дерева с пня – Падение дерева – Подвод дерева на середину волока – Протяжка для откомлевки – Откомлевка – Подвод ЗСУ с деревом к месту раскряжевки – Протяжка и очистка ствола дерева от сучьев – Распиловка – Протяжка и очистка ствола дерева от сучьев – Распиловка – Сортировка – Протяжка и очистка ствола дерева от сучьев – Распиловка – Перемещение ЗСУ с вершинной частью дерева на середину волока – Протяжка вершины – Распиловка – Возврат ЗСУ в исходное положение.

Определение затрат энергии примем на основе работы типовой ВСРМ John Deere 1270D. Составленная и апробированная математическая модель составляется на примере захвата ствола дерева харвестерной головкой и сводится к определению энергии, затрачиваемой при выполнении технологических операций [3].

Мощность, затрачиваемая на выполнение цикла, будет

$$\sum_{i=1}^y N_i = \sum_{i=1}^y \left(\frac{A}{t} \right)_i = \sum_{i=1}^y A_i / t_{iy}, \quad (1)$$

где A_i – работа, затрачиваемая на выполнение операции; t_i и t_{iy} – время выполнения операции и общее время цикла, соответственно.

Работа, затрачиваемая на выполнение цикла, определяется как:

$$A = \int_0^x dA = \int_0^x F dx, \quad A = 2(F_{\text{верх.нож}} + F_{\text{ниж.нож}} + F_{\text{вальца}}) \int_0^x dx, \quad (2)$$

$$F_{\text{нож}} = P_{\text{нож}} S_{\text{нож}}, \quad F_{\text{вальца}} = P_{\text{вальца}} S_{\text{вальца}},$$

где F – сила, прикладываемая соответствующим объектом; x – перемещение объекта; S – площадь рабочей поверхности соответствующего объекта.

В результате расчета энергетических затрат ВСРМ на выполнение операций технологического процесса получаем гистограмму распределения (см. рис. 1).

На рис. 1 пунктирной линией обозначено среднее значение мощности, необходимой для выполнения одного цикла заготовки дерева.

С целью снижения расхода топлива и энергозатрат, связанных с неустановившимся режимом работы, предлагается перевести работу силовой установки лесозаготовительной машины в установившийся режим с постоянным значением мощности. При этом, на операциях с меньшими энергозатратами может производиться накопление избыточной энергии в энергоаккумуляторе, с дальнейшим использованием на более затратных операциях. Как видно из гистограммы изменения мощности, представленной на рис. 1, затратными, с точки зрения потребления мощности выше среднего значения, являются 14 технологических операций и 12 операций, позволяющих проводить накопление энергии.

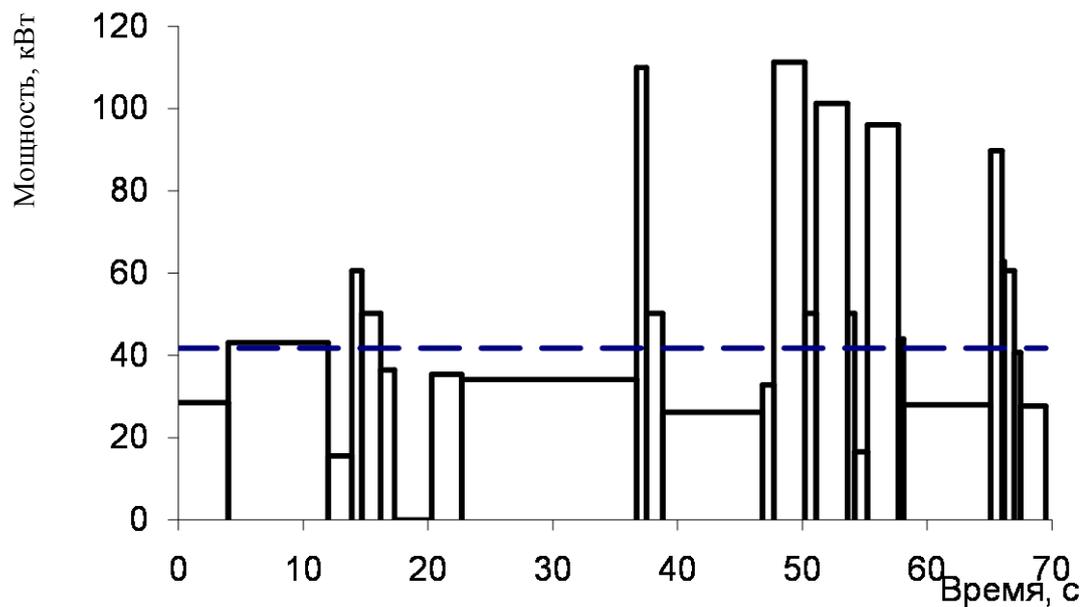


Рис. 1. Изменение мощности, затрачиваемой на выполнение операций

Циклограмма изменения мощности ОТС в технологическом цикле ВСРМ представлена на рис. 2.

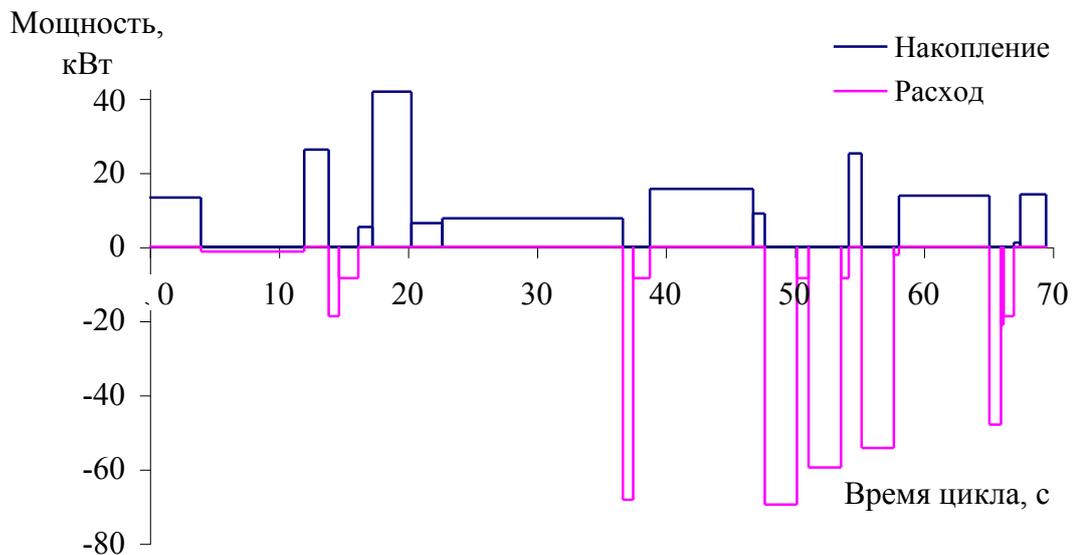


Рис. 2. Циклограмма изменения мощности ОТС ВСРМ

Баланс мощности ВСРМ, работающей с применением технологии рекуперации энергии, включает эффективную мощность силовой установки $N_{e(OTS)}$ и мощность насосной станции (насоса), работающих в режиме ОТС:

$$N_{e(OTS)} = \sum_{i=1}^{t_y} \frac{N_{e(OTS)_i}}{t_i} = \frac{N_{н(OTS)_i}}{t_i} = N_{н(OTS)}. \quad (3)$$

Циклограмма изменения значения работы, совершаемой гидроприводом в ВСРМ в составе ОТС, представлена на рис. 3.

Значение и закономерность изменения работы, представленных на рис. 3, являются исходными данными для определения вибронагруженности и значения потерь в гидроприводе $\Delta p_{ОТС}$ ВСРМ, работающей как ОТС в составе ДВС + энергоаккумулятор + гидропривод.

$$\Delta p_{ОТС} = \sum_{i=0}^{t_u} \Delta p_{ti} \quad (4)$$

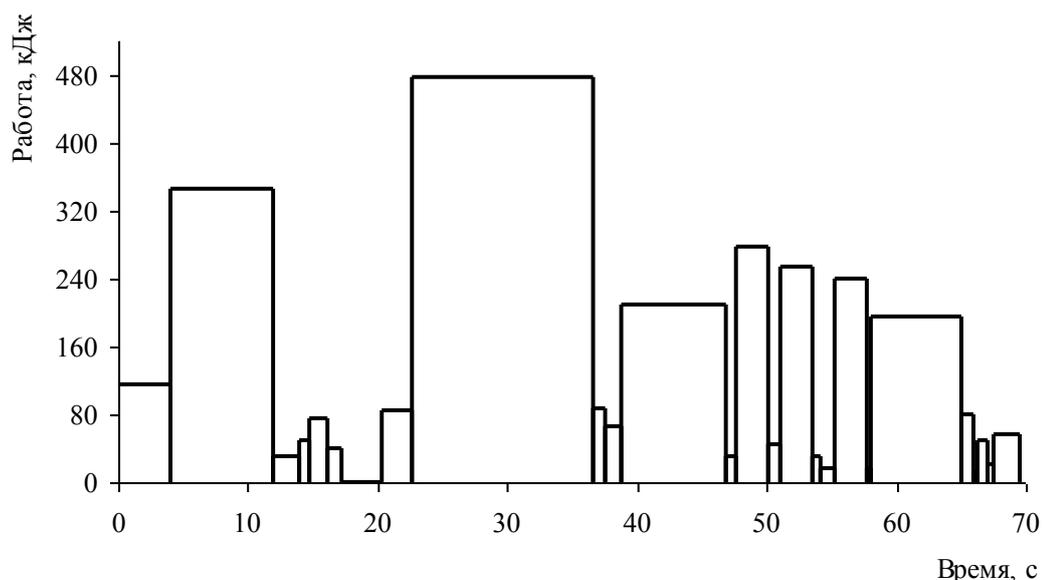


Рис. 3. Циклограмма изменения работы ОТС ВСРМ

Эффективная мощность силовой установки, работающей в составе ОТС, составит:

$$N_{e(ОТС)} = \frac{L_{e(ОТС)}in}{30\tau} = \frac{p_e(ОТС)V_{hin}}{30\tau} = \frac{p_e + \Delta p_{ОТС} \bar{V}_{hin}}{30\tau}, \quad (5)$$

где $L_{e(ОТС)}$ – эффективная работа ОТС; p_e – эффективное давление цикла; V_h – рабочий объем цилиндра; n – частота вращения коленчатого вала; τ – тактность двигателя.

Значение эффективной мощности силовой установки, работающей в рамках ОТС, будет большей на величину потерь $\Delta p_{ОТС}$, однако данное увеличение энергозатрат будет компенсировано за счет снижения расхода топлива при работе в стационарном режиме.

Удельный расход топлива:

$$g_{e(ОТС)} = g_{en} \left(A_0 - B_0 \frac{n}{n_{en}} + C_0 \frac{n^2}{n_{en}^2} \right), \quad (6)$$

где g_{en} – номинальный расход топлива; A_0 , B_0 и C_0 – коэффициенты С.Р. Лейдермана.

Часовой расход топлива:

$$G_{T(ОТС)} = \frac{g_{e(ОТС)}N_{e(ОТС)}}{1000}. \quad (7)$$

Для определения внешней скоростной характеристики ДВС проведем расчет для двигателя ЯМЗ-238ГМ2, установленного на ВПМ ЛП-19Б. Двигатель 8-цилиндровый дизель мощностью 125 кВт (170 л.с. при 1700 об/мин) оборудован стартерным запуском и подогревателем. Внешняя скоростная характеристика представлена на рис. 4. Режим максимальной экономичности, в котором ВСРМ достигает наилучших показателей по критерию энергозатрат, на рисунке заштрихован.

Работа двигателя внутреннего сгорания в режиме ОТС приводит к переходу с режима переменной (частичной или полной) нагрузки на установившийся режим с постоянным значением частоты вращения коленчатого вала, расхода топлива и, как следствие, оптимизированных экологических характеристик.

Технология работы ВСРМ, оснащенной ОТС в составе ДВС + энергоаккумулятор + гидропривод, требует введения системы автоматизированного контроля и управления регулирующих воздействий на элементы гидропривода, что при современном уровне развития не составит серьезного препятствия. Применение различных методик использования эффекта ОТС (дискретное или разовое) позволяет наиболее эффективно регулировать расход рабочего тела и определять необходимую мощность воздействия на рабочие органы [1].

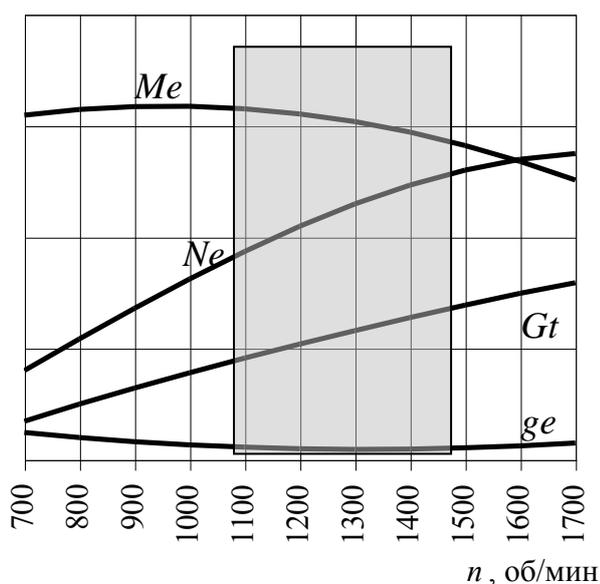


Рис. 4. Внешняя скоростная характеристика ДВС ЯМЗ-238ГМ2

Вывод. Использование эффекта открытой термодинамической системы и применение ее в рамках конструкции многооперационных машин в виде комбинации ДВС + энергоаккумулятор + гидропривод позволяет перевести работу силовой установки в стационарный режим с возможностью оптимизации по экологическим характеристикам и по показателям энергоемкости. В результате применения данной технологии возможно снижение эксплуатационного расхода топлива за счет рекуперации энергии в ОТС и, соответственно, снижение энергозатрат на заготовку древесины.

Список литературы

1. Грязин, В. А. Совершенствование экологических характеристик ДВС воздействием на расширение рабочего тела: Дис. ... канд. техн. наук / В. А. Грязин. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. – 136 с.

2. Егоров, А. В. Совершенствование экологических характеристик тепловых двигателей машинно-тракторного парка деревообрабатывающих предприятий: Дис. ... канд. техн. наук / А. В. Егоров. – Йошкар-Ола.: МарГТУ, 2004. – 189 с.

3. Сенькин, В. А. Обоснование параметров оборудования многооперационных машин при сортиментной заготовке древесины: Автореф. дис. ... канд. техн. наук по спец. 05.21.01 / В. А. Сенькин. – СПб.: СПб ГЛТА им. С. М. Кирова, 2006. – 20 с.

Статья поступила в редакцию 04.04.08

V. A. Gryazin, A. V. Yegorov

UPGRADING THE EFFICIENCY OF HARVESTING MACHINERY WITH THE SYSTEM OF ENERGY RECUPERATION

The matters concerned with solving the challenging problem of efficiency upgrading in the application of timber harvesting machinery and equipment on the basis of harmonious exploitation of power accumulating devices are presented. The technique of defining energy parameters and the results of conducting mathematical experiment with a multipurpose harvesting machine are stated. General recommendations on using the internal combustion engines of harvesting machinery working in a mode of open thermodynamic system on the criterion of energy saving are given.

ГРЯЗИН Владимир Альбертович – кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин. Область научных интересов – технологии и машины лесозаготовок и лесного комплекса; энергосбережение. Автор 37 публикаций.

ЕГОРОВ Алексей Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин. Область научных интересов – тепловые двигатели и энергетические установки, способы и методы испытаний; энергосбережение нетрадиционными и возобновляемыми источниками энергии. Автор 38 публикаций.