

УДК 630*36

С. А. Голякевич, доц., канд. техн. наук;
С. П. Мохов, доц., канд. техн. наук;
А.Р. Гороновский, доц., канд. техн. наук;
С.Н. Пищев, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА РЕКУПЕРАЦИИ ЭНЕРГИИ В ПРОЦЕССЕ ВАЛКИ ДЕРЕВА ХАРВЕСТЕРОМ

Одним из способов повышения энергетической эффективности мобильных машин является создание систем и механизмов способных восстанавливать энергию, затраченную на совершение работы. Данный процесс принято именовать рекуперацией. Исследованию возможностей рекуперации энергии движения машин различного назначения, уделяется пристальное внимание ученых во многих отраслях промышленности. На сегодняшний день механизмы рекуперации внедрены в легковых и грузовых электромобилях, автомобилях с гибридными силовыми установками и электропоездах. Принципы рекуперации, используемые в данных машинах, разнообразны, однако эффективность многих из них часто подвергается критике. Особенно скептически ученые относятся к эффективности рекуперации в легких электромобилях. Считается, что малость тормозного пути в общем времени цикла движения машины не позволяет эффективно заряжать аккумуляторы, а величина рекуперированной энергии не превышает 1% от общего объема ее потребления, что не оправдывает затрат на оборудование машин такими системами.

Не смотря на широкое применение идеи рекуперации энергии в других отраслях, в специализированных лесных машинах она не получила достаточного распространения на современном этапе. Преимущественно это связано с недостаточным объемам исследований в области рекуперативных возможностей на лесопромышленных операциях. В настоящее время в странах европейского союза в рамках программы Horizon 2020 реализуется 2 обширных проекта (Tech4effect и Forwarder 2020) с общим объемом финансирования свыше 1 млн евро, которые направлены на создание новых образцов мобильных лесных машин и повышение эффективности их работы. Зарубежные ученые считают, что наибольшим потенциалом повышения энергоэффективности обладают системы рекуперативного

торможения. К примеру, одной из целей программы Forwarder 2020 является снижение на 30% потребления топлива форвардером на погрузочно-разгрузочных операциях за счет рекуперативного торможения при использовании манипулятора

Ранее проведенные авторами исследования проблем технологической организации лесозаготовительного производства и эффективной эксплуатации лесных машин позволили сделать вывод о том, что помимо энергии непосредственного движения лесной машины эффективно рекуперироваться может и энергия других операций, присутствующих только в лесозаготовительном производстве. Потенциально-возможными источниками энергии, в этом случае являются: падение дерева при валке, торможение ствола дерева при обрезке сучьев, торможение рабочих органов, в частности манипуляторов на погрузочно-разгрузочных операциях и др.

В рамках настоящей статьи проведен предварительный энергетический анализ операции валки дерева харвестером. Получены данные о возможной продолжительности рекуперации и величине вырабатываемой энергии. В качестве базовой машины, совершающей операцию валки дерева, принят харвестер Амкодор 2551, как наиболее часто используемый на рубках главного пользования в нашей стране.

Моделирование падения дерева в поле сил тяжести, при действии силы сопротивления воздушной среды и момента рекуперативного устройства проводилось в программном пакете MathCad 14. В качестве начальных условий принято отклонение продольной оси дерева от вертикали на угол $\varphi = 0,1^\circ$ и отсутствие начальной угловой скорости его движения.

Организация процесса рекуперации на операции валки дерева возможна на основе использования механизмов вращательного или поступательного действия. В случае рекуперации в электрическую энергию – это генераторы, а для гидравлической энергии можно использовать существующие гидроцилиндры подъема-опускания харвестерной головки с переводом их работы при сжатии в контур гидравлического рекуператора. При этом для процесса рекуперации важна не только конечная величина вырабатываемой энергии, но и потенциально возможная продолжительность ее накопления.

Поскольку рекуперативный момент $M_{рек}$ является моментом сопротивления падению дерева, то чрезмерное повышение его величин и раннее возникновение может привести к полной остановке процесса валки. Это должно учитываться при разработке подобных

систем. В этой связи анализ процесса валки дерева с рекуперированием его кинетической энергии проведен для моментов начала рекуперации соответствующих углов поворота $\varphi_{\text{н.рек}} = \pi/32$ (рис. 2), $\pi/16$, $\pi/8$ и $\pi/4$.

Стоит отметить, что для достижения такой эффективности торможения требуется реализация весьма значительных рекуперативных моментов. Вопросы создания механизмов, способных их обеспечить должны быть изучены дополнительно, как это сделано для устройств рекуперации в иных областях. При этом достигаемый эффект должен быть проанализирован в полном цикле работы машины, с учетом работы иных систем, повышающих эффективность харвестера. Сама же рекуперированная энергия может быть накоплена в пневмогидравлическом аккумуляторе мембранного типа либо, в перспективе, по средством системы суперконденсаторов. Производство гидроаккумуляторов налажено ведущими мировыми производителями в данной области (Bosch, Parker, EST, Eaton, Hydac). Данные гидравлические аккумуляторы имеют рабочее давление до 40 МПа, обеспечивают высокую «плотность» накопленной энергии (до 195 кДж/л) и производятся с объемом до 50 л, что способно полностью обеспечить потребности в накоплении рекуперированной энергии. Масса таких гидравлических аккумуляторов варьируется в широком диапазоне от 45 кг для 9 литрового баллона до 167 кг для 48 литрового.

Область использования полученной при рекуперации энергии в приводах харвестеров достаточно широка. Среди наиболее перспективных – компенсация запаздывания процесса регулирования гидронасосов во время начала работы нескольких объемных гидравлических потребителей; привод малообъемных потребителей (пильные механизмы, ротаторы, поворотные устройства манипуляторов и т. д.), питание дополнительного оборудования (освещение, кондиционирование и т. п.) после преобразования в электрическую энергию.