

УДК 629.113

В.В.Степанов (6 курс, каф. КГМ), А.Д.Элизов, к.т.н., доц., А.Г.Семёнов, к.т.н., в.н.с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПУТЕЙ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОЗДАНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ СИЛОВОЙ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ АВТОПОГРУЗЧИКА С ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ 2 ТОННЫ

За *прототип* авторской разработки принят (по результатам обширного мирового поиска и анализа отобранного информационного массива) вилочный погрузчик R70 фирмы STILL с дизель-электрическим приводом.

Заданные основные технические характеристики разработанного погрузчика: $Q = 2$ т, скорость передвижения погрузчика $V_n = 4$ м/с, скорость подъема груза $V_i = 0,3$ м/с, высота подъема $h = 3,3$ м; комбинированная энергетическая (силовая) установка (КЭУ) с мотор-колёсами.

Погрузчиков с КЭУ, аналогичной разработанной, на сегодняшний день не производится. Наличие КЭУ на борту погрузчика дает малые удельные расходы топлива и значительно меньшие, чем у традиционных систем управления (СУ), вредные выбросы с отработавшими газами.

Ставилась задача по оптимизации СУ, которая заключается в подборе такого сочетания мощности ДВС, электродвигателей и емкости накопителя, при которых время работы погрузчика ограничивалось бы только емкостью топливного бака, а выбросы вредных веществ ДВС были бы минимальны.

В качестве ведущих приводных колес в данном погрузчике будут использованы мотор-колеса оригинальной конструкции (разработка кафедры КГМ), а в качестве накопителя энергии — электрохимические конденсаторы.

Весьма важным аспектом этой работы явилось создание математической модели, описывающей энергетику КЭУ того же типа, что и на разработанном погрузчике.

Что удалось и чего не удалось достичь в процессе решения поставленной задачи?

Прежде всего, удалось в полной мере реализовать выбранную последовательную схему КЭУ. Удалось, в соответствии с выбранным циклом работы погрузчика, подобрать ультраконденсаторный накопитель энергии, отвечающий всем предъявляемым к нему требованиям. Удалось разработать мотор-колеса, являющиеся исполнительным механизмом системы тягового электропривода погрузчика. Использование конденсаторов в качестве накопителей энергии, а мотор-колес в качестве ведущих приводных колес лежит в духе последних тенденций в области создания автотранспортной техники.

Особенностью спроектированных мотор-колес и конденсаторов является то, что при их создании используются элементы, производимые отечественными предприятиями.

Также удалось создать экспериментальную установку, которая по принципу работы аналогична КЭУ погрузчика. Но нам не удалось на этой установке смоделировать цикл работы погрузчика. Одной из причин этого является отсутствие (на данный момент) у нас в распоряжении конденсаторов с подходящими характеристиками. Это стало понятно после

серии экспериментов с имеющимися конденсаторами. Однако данное направление — моделирование работы автотранспортных средств (АТС) с КЭУ на экспериментальных установках (с дальнейшим глубоким анализом полученных результатов), весьма перспективно. По материалам из сети Internet удалось выяснить, что, например, некоторые американские организации при исследованиях АТС с КЭУ идут этим же путем.

Становится ясно, что при анализе энергетических процессов КЭУ основное значение имеет цикл, по которому работает погрузчик.

Математическая модель энергетики комбинированной силовой установки погрузчика позволяет решить некоторые проблемы, связанные с подбором накопителя энергии и выбором ДВС. Уравнения позволяют определить потоки энергии, связанные с ДВС, при условии, что основные параметры АТС, характеристики и закон регулирования ДВС, а также параметры ездового цикла известны.

В данной работе не освещались вопросы, связанные с выбором ДВС для автопогрузчика. В соответствии с техническим заданием имелся прототип бензинового двигателя (с мощностью 12 кВт). Разработкой двигателя занимались на кафедре ДВС нашего факультета. В результате проведенной работы был выполнен и защищен дипломный проект, у которого, на наш взгляд, есть серьезный недостаток — разработанный ДВС не производится. А для погрузчика планировалось использовать те агрегаты, которые сейчас можно купить на рынке. Разработанный двигатель пришлось бы внедрять в производство, проводить его испытания и пр., что делает его применение сейчас невозможным. Поэтому к вопросу выбора двигателя надо будет возвращаться. Следует уделить основное внимание тем моделям ДВС, которые сейчас представлены на рынке. Причем эти же слова следует отнести и к выбору генератора для погрузчика.

В любом случае, *основные задачи исследования выполнены*, а именно:

- для автопогрузчика с грузоподъемностью $Q=2$ т разработана комбинированная энергетическая силовая установка, выполненная по последовательной схеме. Причем ведущие колёса выполнены в виде мотор-колес, а общая энергия для движения погрузчика складывается из нескольких источников: ДВС + генератор + накопитель энергии. Причем работа возможна от любого источника.

- в соответствии с техническим заданием, разработана конструкция мотор-колеса с $N_{ном}=2,5$ кВт. В мотор-колесе используется отечественный 3-х фазный вентильный двигатель ОМ-240. Также выполнены поверочные расчеты цилиндрических зубчатых колес планетарного ряда, произведены расчеты на прочность шлицевых соединений и вала мотор-колеса, а также нестандартного подшипника сателлита планетарного ряда мотор-колеса. Электродвигатель мотор-колеса в режиме рекуперативного торможения переходит в генераторный режим и вырабатывает энергию, которая идет в конденсаторный накопитель. В соответствии с выбранным циклом работы погрузчика энергия от рекуперативного торможения составляет около 3,4 Вт·ч.

К *основным выводам работы* следует отнести следующее:

1. Энергия, необходимая для реализации одного цикла работы КЭУ погрузчика с грузоподъемностью 2 т, составляет 182 Вт·ч. Следовательно, энергия, вырабатываемая генератором, должна быть не менее 182 Вт·ч, а его мощность составит (из условия длительности цикла 90,1 с) $(182 \cdot 3,6) / 90,1 = 7,3$ кВт. Тогда энергия, отдаваемая буферной частью энергоустановки, составит 61,3 Вт·ч за цикл. Исходя из этих условий, выбран накопитель энергии в виде блока конденсаторных элементов 40ЭК303 (или, как вариант, 40ЭК353).

2. Создана математическая модель энергетики КЭУ погрузчика, которая применима для любых установок подобного типа.

Итогом всей работы является создание экономичного и экологичного автопогрузчика, время работы которого ограничивается только ёмкостью топливного бака, а поскольку

двигатель работает на постоянных оборотах, то уровень выброса вредных веществ будет достаточно низким.