

Таблица 1 – Перечень необходимого инструмента для производства работ

| Наименование | Количество, ед. | Наименование | Количество, ед. |
|------------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|
| 1 Ключ гаечный путевой | 2 | 8 Кабель, м | 50–100 |
| 2 Ключ торцовый | 2 | 9 Лом остроконечный | 1 |
| 3 Молоток костыльный | 2 | 10 Лом лапчатый | 1 |
| 4 Домкрат гидравлический | 2 | 11 Лопата совковая | 1 |
| 5 Электрошпалоподбойка | 4 | 12 Метла | 1 |
| 6 Электростанция передвижная | 1 | 13 Рихтовщик гидравлический | 5 |
| 7 Распределительная коробка | 1 | 14 Шаблон путевой | 1 |

Описание основных работ, как правило, содержит их последовательность, схемы установки определенного инструмента для качественного выполнения работ, порядок движения рабочей силы и критерии, судя по которым можно считать основные работы выполненными.

В разделе «Требования безопасности» приводятся положения об ограждении места производства работ сигнальными знаками и, при необходимости, знаками уменьшения скорости, указывается, в какие документы, при необходимости должны быть сделаны записи перед началом работ и после их окончания. Оговаривается, каким вопросам необходимо уделить внимание при инструктаже работников. Акцентируется внимание на меры, которые должен принять руководитель по своевременному сходу работников с пути во время приближающегося поезда. Также в данном разделе оговариваются условия использования путевого механизированного гидравлического, электрического, мотоинструмента и др. Приводятся требования к их эксплуатации в соответствии с особенностями производства работ по данному технологическому процессу, а также правила допуска к работе с данным инструментом.

Завершающим является раздел «Требования экологической безопасности», который включает основные положения действующих нормативных и нормативно-технических правовых актов Республики Беларусь в области экологической безопасности, а также нормативных документов Белорусской железной дороги требований экологической безопасности.

УДК 621.87; 681.58

ПЬЕЗОДАТЧИК КАК РЕКУПЕРАТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПРИВОДОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ И ДОРОЖНЫХ МАШИН

Д. И. БОЧКАРЁВ, Д. С. ПУПАЧЁВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Прогресс в совершенствовании современных машин состоит в том, что им передается все большее число технологических функций, в результате чего человек освобождается от непосредственного участия в рабочем процессе.

В настоящее время при проектировании дорожно-строительной техники наиболее актуальной и важной задачей является разработка и внедрение концепции «интеллектуальных ресурсосберегающих машин», оборудованных адаптивными силовыми приводами рабочих органов. Развитию этого направления поспособствовали последние достижения в области микроэлектроники и робототехники.

Процесс интеллектуализации машин решается путем внедрения в их конструкцию бортовых компьютеров, наборов датчиков и систем телематики, анализирующих качество выполнения работы, с возможностью корректирования режимов с учетом этого качества в реальном времени.

Одним из перспективных направлений реализация ресурсосберегающего компонента является использование систем рекуперации энергии движущихся частей приводов и рабочего оборудования машин. Наилучший результат эти системы показывают в машинах циклического действия, поскольку потери энергии в их рабочих циклах могут достигать 50 %.

Конструктивно внедрение этих систем предполагает установку аккумулирующих систем, использование многопоточных насосов с разгрузкой отдельных секций, применение электронных систем пропорционального управления, регулирование гидронасосов с использованием энергосбере-

гающих механизмов, а также применение различных способов рекуперации энергии при подъеме-опускании рабочего оборудования и торможении движущихся масс [1].

С учетом вышесказанного становится очевидно, что внедрение данных систем значительно усложняет конструкцию базовых машин, увеличивает их материалоёмкость и в конечном итоге – стоимость.

Одним из возможных решений отмеченных проблем может послужить использование вместо полноценных систем рекуперации энергии пьезоэлектрических датчиков генераторного типа. Они представляют собой преобразователи механической энергии деформации, перемещения или движения в электрическую энергию. Принцип их действия заключается в электрической поляризации определенного класса диэлектриков, называемых пьезоэлектриками (сегнетоэлектриками, ферроэлектриками), при механическом напряжении в материале.

Явление пьезоэффекта, обнаруженное ещё в конце XIX века и получившее первое применение в начале XX, на сегодняшний день получило новый виток развития ввиду применения новых типов материалов. Первые пьезодатчики, основанные на монокристаллических материалах (кварц, турмалин или сегнетова соль), имели низкий коэффициент электромеханической связи, малую диэлектрическую проницаемость и собственную емкость, высокие сложность производства и стоимость. Выпускаемые сегодня пьезоэлектрические материалы на базе поликристаллов (пьезоэлектрические керамические материалы или ПКМ) смогли преодолеть отмеченные недостатки. Они представляют собой сегнетоэлектрические соединения или их твердые растворы, полученные синтезированием из смеси различных оксидов и солей [2].

Основу большинства современных ПКМ составляют твердые растворы титаната-цирконата свинца (ЦТС, PZT), модифицированные различными компонентами и добавками. Выпускаются также ПКМ на основе титаната бария (ТБ), титаната свинца (ТС), ниобата свинца (НС), титаната висмута (ТВ) и т. д.

Пьезокерамика обладает рядом преимуществ. Технология её производства проста, она имеет высокую стойкость к действию агрессивных сред и радиации. Пьезодатчики на основе ПКМ охватывают широкий диапазон измерений, способны работать при температурах от +400 до –270 °С и, что немаловажно, при применении их как элементов рекуперативных систем для строительной техники, выдерживают высокие давления.

Кроме того, для улучшения выходных характеристик пьезопреобразователей из данных материалов можно использовать их системы в виде биморфов (состоящих из двух пьезоэлементов или пьезоэлемента и металлической пластины, соединенных между собой) или триморфов (состоящих из двух пьезоэлементов и металлической пластины), объединенных с усилителями напряжения или заряда [3].

Отмеченные выше особенности открывают широкие возможности для внедрения пьезогенераторов в элементы конструкций строительных и дорожных машин, подвергающихся циклическим нагрузкам или вибрациям.

Основное перспективное направление применения пьезопреобразователей в строительной технике, исходя из принципа их действия, заключается в использовании их в роли рекуператоров энергии, интегрированных в рабочие органы.

Так, на бульдозерах или автогрейдерах возможна установка их на отвалах, между лобовыми листами и задней стенкой коробки. При этом возникающие при резании и перемещении грунта вибрации и деформации рабочего органа будут приводить к генерации электрической энергии, направляемой в последующем для заряда аккумуляторных батарей или снабжения локальных потребителей. В скреперах данные преобразователи можно смонтировать на задних подвижных стенках ковшей и рекуперативный эффект будет наблюдаться как в процессе загрузки (ввиду воздействия загружаемого грунта на стенку), так и разгрузки (за счет вибраций и деформаций в процессе выталкивания грунта).

Широкие возможности для использования пьезопреобразователей генераторного типа представляют автокраны, в частности большой грузоподъёмности, оборудованные телескопическими стрелами. При поднятии и перемещении значительных грузов можно визуально наблюдать деформацию последних. Поэтому установка датчиков в областях локализации наибольших нагрузок, например возле охватывающих поясов секций стрел, позволит также вырабатывать пьезоэлектриче-

ство. Аналогична ситуация и с экскаваторами, особенно оборудованными нестандартными рабочими органами (например вибропогружателями или копрами), создающими значительные вибрации в конструкции машины.

В настоящее время предлагаются варианты внедрения пьезоэлектрических компонентов в пневматические шины грузовых и легковых автомобилей. Это позволит вырабатывать электроэнергию из вибраций, возникающих вследствие качения и деформации колес при движении машин. При этом ключевым фактором при получении электроэнергии становится скорость движения.

Вторым вариантом модификации ходового оборудования может послужить использование пьезогенераторов в подвеске строительных и дорожных машин на базе автомобильных и специальных шасси. Для этого потребуются их установка на рессорах или амортизаторах. Ввиду того, что значительную часть времени эксплуатации колесная строительная техника передвигается по дорогам с плохим покрытием или бездорожью, за счет активной работы подвески эффективность генерации энергии будет значительной.

Возможно также применение пьезопреобразователей в силовых установках строительных и дорожных машин. Среди возможных вариантов – монтаж преобразователей вместе с комплектом усилителей на опорах крепления двигателя к раме или на корпусных деталях, например блоке цилиндров или блок-картере. При этом они будут воспринимать циклические колебания от процессов воспламенения топлива в цилиндрах и внутренних механических движений цилиндропоршневой группы и других деталей. Внедрение данной системы позволит избавиться от привычного генератора, приводимого в действие от шкива коленчатого вала. Тем самым можно повысить как мощность двигателя, так и его экономичность.

Актуальность внедрения пьезодатчиков заключается ещё и в том, что с учетом современных тенденций энерго- и ресурсосбережения крупные производители строительной техники разрабатывают проекты по созданию гибридных (экскаваторы CAT 336E H, Komatsu PC200LC-8 H, погрузчики John Deere 944K и Volvo LX1) и даже полностью электрических машин циклического действия (экскаватор Volvo EX-2, грузовые автомобили «Volvo FL» и «Volvo FE»). Становится очевидно, что вопросы подзарядки батарей и продление непрерывности работы отмеченных машин стоят очень остро. Немаловажным фактором является и то, что данные датчики, помимо генерации электрической энергии, подключенные к интеллектуальной системе управления машиной, также смогут передавать необходимую информацию в бортовой компьютер, тем самым давая возможность анализировать условия работы и подбирать необходимые режимы.

Список литературы

- 1 Довгяло, В. А. Машины и оборудование для содержания автомобильных дорог : учеб. пособие / В. А. Довгяло. – Гомель : БелГУТ, 2016. – 288 с.
- 2 Шарапов, В. М. Датчики : справ. пособие / под общ. ред. В. М. Шарапова, Е. С. Полищука. – М. : Техносфера, 2012. – 624 с.
- 3 Шарапов, В. М. Пьезоэлектрические датчики / В. М. Шарапов, М. П. Мусиенко, Е. В. Шарапова ; под ред. В. М. Шарапова. – М. : Техносфера, 2006. – 632 с.

УДК 629.4.015:625.03+625.45

ВОЗМОЖНАЯ ПЕРСПЕКТИВА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛИНИЙ ПРИГОРОДНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ И МЕТРОПОЛИТЕНА В ГОРОДЕ МИНСКЕ

В. А. ВЕРБИЛО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Темпы роста городского населения в настоящее время вдвое превышают темпы роста населения на планете в целом. По данным ООН городское население в начале XIX века составляло всего 3 % от населения планеты, в начале XX века – 13 %, а в наши дни в наиболее развитых странах оно уже превысило 89 % в Германии, 85 % в Бразилии и 80 % в США. В Республике Беларусь численность городского населения к 2030 г. достигнет 80 %.