

Секция 1: Системы управления в машиностроении

2. Бетанели. А. И. К общению метода расчета прочности режущей части инструмента // «Вестник машиностроения». – 1965.- № 2. -С. 16-18.
3. Бобров, В. Ф. Определение напряжений в режущей части металлорежущих инструментов // Высокопроизводительное резание в машиностроении. - М., 1966. - С. 233-228.
4. Гениатулин, А. М. Голографический метод исследования деформированного состояния элементов сборных резцов // Оптико-геометрические методы исследования деформаций и напряжений и их стандартизация. - Горький: НТО Машпром, 1982. - С. 83-84.
5. Гордон, М. Б. Методика и некоторые результаты исследования закономерности распределения сил трения и касательных напряжений на длине контакта стружки с передней поверхностью резца // Вопросы применения смазочно-охлаждающих жидкостей при резании металлов. - Иваново, 1965. - С. 41 - 44.
6. Кузнецов В.А., Черепяхин А.А. Технологические процессы в машиностроении учебник для использования в учебном процессе образовательных учреждений, реализующих программы среднего профессионального образования - Москва, 2009. Сер. Среднее профессиональное образование. Сварочное производство.
7. Ломова О.С. Математическое моделирование структурных изменений в поверхностях заготовок при тепловых возмущениях в процессе шлифования // Омский научный вестник, №2-120, г. Омск: Изд-во ФГБОУ ВПО ОмГТУ, 2013. – С. 95-98.
8. Петрушин С.И., Бобрович И.М., Корчуганова М.А. Оптимальное проектирование формы режущей части лезвийных инструментов: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 1999. – 91 с.
9. Полетика М. Ф., Утешев М. Х. Исследование процессов резания поляризационно-оптическим методом // «Известия Томского политех. института». -1964. - Т 114. - С. 15.
10. Тахман, С.И. Закономерности процесса изнашивания и основы прогноза износостойкости инструментов из стандартных твердых сплавов. Механика и физика процессов на поверхности и в контакте твердых тел, деталей технологического и энергетического оборудования. Тахман С.И. 2010. № 3. С. 64-72.
11. Шаламов В.Г. Математическое моделирование при резании металлов: учебное пособие. – Челябинск: Изд-во ЮжУрГУ, 2007.
12. Янюшкин, А.С., Сафонов С.О., Лобанов Д.В. и др. Совершенствование технологических процессов машиностроительных производств. - Братск: Изд-во БрГУ, 2006. - 302 с
13. Afonarov A. I., Lasukov A. A., Elementary Chip Formation in Metal Cutting, Russian Engineering Research. 3 (2014), pp. 152–155.

**МОНИТОРИНГ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОСНОВНЫХ
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УЗЛОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН**

*Я.Е. Мещеряков***, аспирант, ассистент, А.М. Корилов****, д.т.н., проф.*

**Кузбасский государственный технический университет
650000, г. Кемерово ул. Весенняя 28, тел 8-(3842)-39-69-60*

***Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
634055, г. Томск пр. Ленина 40, тел 8-(3822)-51-00-49*

****Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, г. Томск пр. Ленина, 30, тел. (3822)-12-34-56*

E-mail: yoruk91@yandex.ru

Для развития угольной индустрии Кузбасса актуальной проблемой является расширение безопасных технологий добычи угля открытым способом. Качество функционирования основных технологических машин, применяемых на угольных разрезах – экскаваторов и буровых станков, определяется точностью позиционирования в пространстве их основных функциональных элементов. Так некорректное позиционирование экскаваторов в забое приводит к увеличению нагрузок на механизмы поворота. Например, превышение угла наклона поворотной платформы экскаватора ЭШ 10/70 к горизонту всего лишь на 2 градуса приводит к повышению вибронегативности агрегатов на 12-15%. А отклонение платформы бурового станка СБШ-250 от горизонта в процессе его работы более чем на 5 градусов является основной причиной поломки бурового станка.

В настоящее время мониторинг этих параметров выполняется вручную с помощью механических отвесов и не отвечает современным требованиям по точности и надежности. Кроме этого, на

технологических машинах отсутствуют устройства, позволяющие не только выполнять непрерывный мониторинг угловой ориентации функциональных элементов технологических машин, но и регистрировать и анализировать полученную информацию, с целью оценки качества выполнения горных работ за конечный интервал времени – час, смену, неделю, месяц.

Данная функция может успешно осуществляться на основе применения современных микро-электромеханических систем (МЭМС) – гироскопов и акселерометров-инклинометров. Гироскоп регистрирует угловую скорость, по значениям которой после интегрирования рассчитывается угол поворота. Для определения угла наклона объекта можно использовать акселерометр-инклинометр, по показаниям которого определяется момент покоя объекта. Комбинируя данные этих двух МЭМС-датчиков можно вычислить положение функционального элемента технологической машины в пространстве в любой момент времени и в течение любого его промежутка.

Комбинирование (комплексирование) показаний МЭМС-датчиков позволяет устранить их существенные недостатки. Для гироскопа это – дрейф нуля и ошибки интегрирования, а для акселерометра – слишком большая чувствительность к вибрациям и другим внешним силовым воздействиям. Выполнить подобное комплексирование позволяет *комплементарный фильтр*, работа которого описывается достаточно простым выражением:

$$\alpha = (1 - k) \cdot gir + k \cdot acc ,$$

где a – отфильтрованный результирующий угол наклона;

gir и acc – значения угла наклона, полученные при помощи гироскопа и акселерометра, соответственно;

k – коэффициент комплексирования комплементарного фильтра.

Отфильтрованная величина угла наклона представляет собой сумму интегрированного значения показания гироскопа и мгновенного значения показания акселерометра. По сути, главная задача комплементарного фильтра – нивелирование дрейфа гироскопа и ошибки дискретного интегрирования (первая часть формулы за счёт достаточно большого коэффициента убирает низкочастотный шум гироскопа, а очень маленький коэффициент во второй части убирает высокочастотный шум акселерометра). Приведенная математическая модель на каждом шаге интегрирования корректирует процесс интегрирования угла наклона с помощью показаний акселерометра. Значимость же этой коррекции определяется коэффициентом комплексирования фильтра k .

Выбор коэффициента комплексирования k зависит от величины дрейфа нуля гироскопа, от скорости накопления ошибок вычисления и от условий использования машины. Так, слишком большое значение k приведет к тому, что на результат работы фильтра будет сильно влиять вибрация корпуса машины. Слишком же малое значение k может оказаться недостаточным, чтобы ликвидировать дрейф показаний гироскопа. Как правило, коэффициент комплексирования k комплементарного фильтра подбирается опытным путём для каждого инклинометра исходя из вышеуказанных условий. На основе непрерывного мониторинга положения в пространстве функциональных элементов технологических машин возможна автоматическая настройка коэффициента комплексирования k комплементарного фильтра.

Таким образом, система непрерывного мониторинга положения в пространстве функциональных элементов технологических машин, может быть достаточно легко построена при помощи акселерометра, гироскопа и комплементарного фильтра, объединяющего их показания. Применение комплементарного фильтра не требует от контроллера системы большой вычислительной мощности и позволяет добиться достаточно качественных показаний.

Основными функциональными элементами электронного устройства непрерывного мониторинга положения в пространстве основных функциональных элементов горных машин являются: датчик (первичный преобразователь), включающий гироскоп и акселерометр; микроконтроллер; помехоустойчивая линия связи и вычислительное устройство.

Система спроектирована по модульному принципу, где её узлы могут добавляться в зависимости от типа и функционального назначения горной машины. На рисунке 1 представлена функциональная схема базовой комплектации системы, применённой на шагающем экскаваторе.

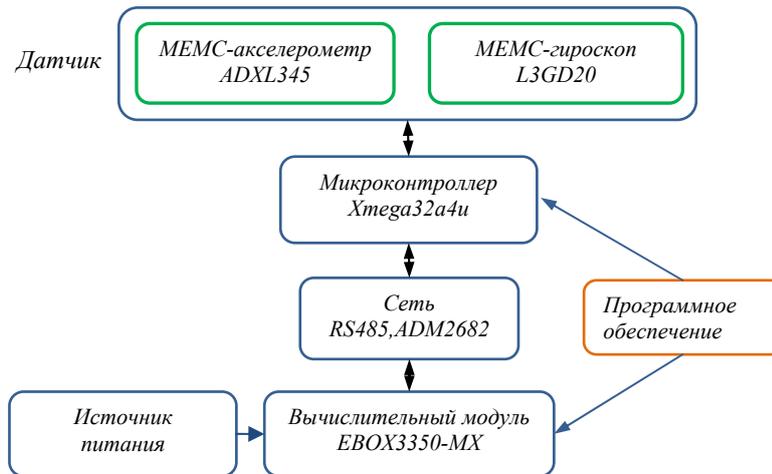


Рис. 1. Функциональная схема комплекса для шагающих экскаваторов

Важнейшим этапом создания комплекса стала разработка программного обеспечения (ПО), как для микроконтроллера (МК) *Xmega32a4u*, так и для вычислительного модуля (одноплатного компьютера *EVOX3350-MX*).

ПО для МК представляет собой новую операционную систему, при разработке которой использовалась идеология конечных автоматов [1].

Автоматное программирование, иначе называемое «программирование от состояний» или «программирование с явным выделением состояний» – это метод разработки ПО, основанный на расширенной модели конечных автоматов и ориентированный на создание широкого класса приложений.

Программное обеспечение одноплатного компьютера, написанное на языке среднего уровня C/C#, задает и управляет логикой работы всей системы. Программа обеспечивает:

- вывод и отображение информации;
- фильтрацию шумов при помощи комплементарного фильтра;
- борьбу с вибрацией;
- минимизацию накопленной ошибки вследствие суточного вращения Земли;
- запись истории событий.

На рисунке 2 представлен интерфейс разработанной программы работы комплекса, предназначенного для мониторинга положения в пространстве платформы шагающего экскаватора.

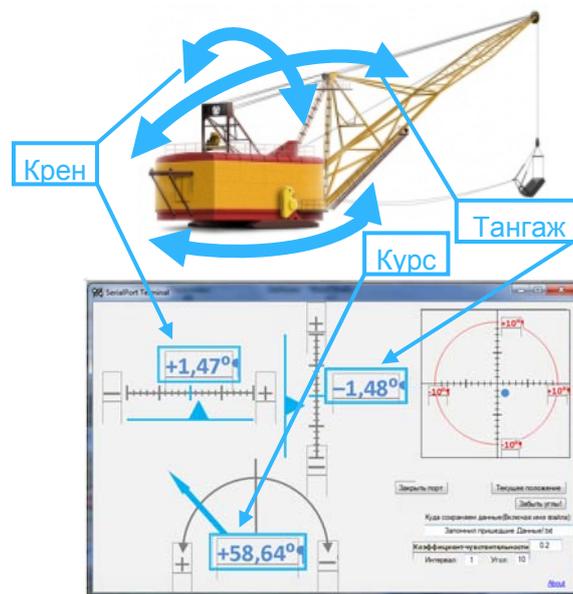


Рис. 2. Интерфейс программы работы комплекса

На экране монитора показаны по шкалам и продублированы величины углов крена ($+1,47^\circ$), тангажа ($-1,48^\circ$) и курса ($+58,64^\circ$). По положению синей метки в красном круге можно оценивать горизонтальность положения платформы в пространстве. На разработанную программу получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ [2].

Промышленные испытания комплекса проводились в условиях разреза «Прокопьевский». Комплекс был установлен на горизонтальной площадке 1 кабины машиниста 2 шагающего экскаватора ЭШ-10/70 3 (рисунок 3, а).



Рис. 3. Схема установки а) и общий вид комплекса в кабине машиниста б)

Датчик и микроконтроллер, совмещенный с устройством связи для работы с вычислительным модулем, представлял собой единый функциональный блок, скомпонованный в корпусе размером $95 \times 110 \times 40$ мм с прозрачной крышкой для индикации его работы (рисунок 3, б). Он был установлен и закреплён вдоль продольной оси экскаватора у.

Перед запуском комплекса с помощью профессионального электронного уровня «Ермак 659-034» ($\Delta = \pm 0,05^\circ$) была выполнена его юстировка, которая заключалась в следующем: полученные с помощью электронного уровня два угла $1,3^\circ$ и $1,1^\circ$ по крену (ось у) и тангажу (ось х), соответственно, были введены в программу компьютера в качестве поправок. Время непрерывной работы комплекса составило 24,46 мин. Вся информация об угловом положении блока датчиков вокруг трёх осей х, у и z записывалась в память компьютера. Одновременно с записью информация отображалась с помощью графического интерфейса на мониторе. Результаты испытания показаны на рисунке 4.

Визуальное наблюдение углового положения платформы экскаватора и его отображение на экране монитора показало их полное совпадение. Аппаратно-программный комплекс в течение всего периода работал стабильно. Наблюдался постепенный дрейф показаний датчика поворота платформы вокруг оси z. Завершились испытания поворотом платформы экскаватора на 360° вокруг оси z.

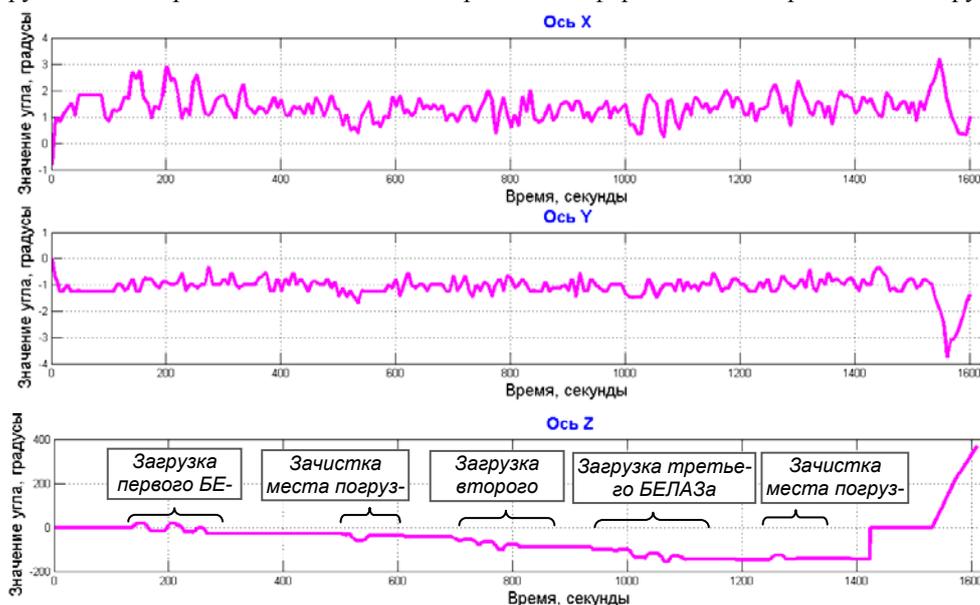


Рис. 4. Результаты испытаний аппаратно-программного комплекса

Таким образом, разработанный в КузГТУ аппаратно-программный комплекс можно применять на шагающих экскаваторах угольных разрезов Кузбасса с целью постоянного мониторинга горизонтальности платформы и автоматизированного учёта рабочих циклов технологической машины за фиксированный промежуток времени. Дальнейшее совершенствование комплекса планируется проводить в направлении ликвидации дрейфа показаний датчика поворота платформы по курсу путём введения корректирующих поправок с использованием показаний датчика Холла, установленного на элементах привода поворотной платформы.

Литература.

1. Мещеряков Я.Е., Операционная система для микроконтроллеров AVR семейства XMEGA // Я.Е. Мещеряков [и др.] Современные техника и технологии: сб. трудов XVIII Международной науч. - практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3 т. Т. 2 / Томский политех. ун-т. – Томск: Изд - во Томского политехнического ун-та, 2012. – С. 359-360.
2. «Автоматизированная система наблюдения за положением рабочих элементов горных машин»: свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ / Я.Е. Мещеряков, П.М. Обо-янский, Н.П. Курьшин, О.В. Любимов. – №2014617216; заявл. 26.05.2014; опубл. 20.08.2014.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА

А.С. Янюшкин, Д.В. Лобанов, Д.А. Рычков

г. Братск, ул. Макаренко, 40

E-mail: yanyushkin@brstu.ru, mf_nauka@brstu.ru, dielektrik84@mail.ru

Введение

Для современного машиностроительного предприятия характерно увеличение номенклатуры изделий, изготовление которых предполагает не только осуществление технологического процесса, но и его подготовку. Одним из неотъемлемых этапов подготовки механообрабатывающего производства является оснащение его режущим инструментом. При обработке деталей резанием подготовка инструмента включает в себя мероприятия по его конструированию, изготовлению, выбору из множества существующих конструкций наиболее рационального для условий технологического процесса, подбору оптимальных режимов обработки и геометрии инструмента [1 – 9].

Основной задачей инструментального производства является создание или выбор такой конструкции инструмента, которая бы позволила обеспечить высокую производительность обработки, работоспособность инструмента и качество получаемых поверхностей, затрачивая минимальные средства и ресурсы. Проектирование специальных конструкций режущих инструментов зависит от условий обработки, а их создание требует значительных затрат времени, что увеличивает стоимость проектирования. Выбор рационального для заданных условий производства конструктивного решения инструмента из множества вариантов также требует значительных затрат времени у технологов, занимающихся подготовкой инструмента к работе. Это связано с тем, что в настоящее время номенклатура инструмента, предлагаемого производителями, представлена весьма широко и постоянно создаются новые конструкции.

Одним из путей решения этой проблемы является создание автоматизированной системы с возможностью хранения информации о конструкциях режущих инструментов и их выбора для условий производства. На сегодняшний день существует ряд программ и информационных систем, в которых реализована возможность выбора режущего инструмента для операций механической обработки [10 – 14]. Однако при выборе инструмента для технологических процессов в этих программах, в основном, руководствуются качеством обработанной поверхности и не учитывают производительность обработки, работоспособность инструмента и экономическую целесообразность его применения.

В связи с этим, целью исследования является разработка программного обеспечения, позволяющего систематизировать информацию о конструкциях режущих инструментов и проводить их сравнительный анализ для выявления рационального варианта при заданных условиях производства.

Теоретическая основа исследования

Для достижения поставленной цели нами предложены методики моделирования, автоматизированного проектирования, систематизации и оценки конструктивных решений сборного инструмента для реализации технологических процессов обработки резанием.

На основе теории графов создана методика моделирования сборного режущего инструмента (на примере фрез), позволяющая проводить анализ и синтез конструктивных решений в процессе подготовки инструмента [15, 16].