

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЛЬТРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИНАМИКИ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

Н. П. Артемов, доктор технических наук

М. Л. Шуляк, кандидат технических наук

***Харьковский национальный технический университет
сельского хозяйства имени Петра Василенко***

В статье проведены результаты исследований по применению фильтра Калмана для повышения точности исследования динамических и квалиметрических параметров мобильных машин в процессе их эксплуатации и выполнении агротехнических операций.

***Динамические и квалиметрические параметры,
адаптивные фильтры, акселерометры.***

Постановка проблемы. Разнообразие технологических требований, которые предъявляются к машинно-тракторным агрегатам (МТА) возможно выразить следующими обобщенными показателями: производительностью и агротехническим качеством выполняемых операций, при низкой себестоимости их выполнения. Контроль над системой машин, которые являются материально-технической базой комплексной механизации производственного цикла и представляют собой совокупность нескольких МТА, машин, механизмов, которые взаимно дополняют друг друга и позволяют повысить эффективность их использования [1]. При проведении динамических испытаний МТА с использованием акселерометров возникают случайные и системные погрешности измерения линейных ускорений.

Анализ последних исследований. ДСТУ 3310-96 [2], а также ГОСТ Р 52302-2004 [3] предъявляют довольно жесткие требования к точности измерений при оценке устойчивости и управляемости мобильных машин в процессе дорожных испытаний. Требования к точности измерений некоторых параметров, которые можно контролировать с помощью мобильного регистрационно-измерительного комплекса на базе акселерометров [4], приведены в табл. 1. Некоторые исследователи указывают, что шум, содержащийся в выходном сигнале акселерометра, определяет разрешающую способность устройства, важную при определении малых ускорений. Предельное разрешение в основном

© Н. П. Артемов, М. Л. Шуляк, 2015

определяется уровнем шума измерения, который включает внешний фоновый шум и шум собственно датчика. Уменьшение полосы пропускания путем включения ФНЧ на выходе датчика приводит к снижению уровня шума. Это улучшает отношение сигнал/шум и увеличивает разрешающую способность, однако вносит амплитудные и фазовые частотные искажения [5].

1. Требования к точности измерений [2].

Измеряемые параметры, единицы измерения	Диапазон измерений	Ошибка, не более	
		абсолютных единиц	относительных единиц (%)
Скорость ДТС, км/ч	5-150	–	±0,5
Угловая скорость ДТС, градус/с	±45	±0,5	±1,0
Боковое ускорение, м/с ²	±7	±0,15	±1,0
Время, с	–	±0,01	–
Температура, °С	–	±1,0	–

Если искажение сигнала является известным и инвариантным по времени, целесообразно применять традиционные методы обработки сигнала [5]. Когда искажения сигнала описать заранее невозможно или они могут меняться в процессе снятия показаний, целесообразно применять адаптивные фильтры. Обобщенная схема адаптивного фильтра приведена на рис. 1.

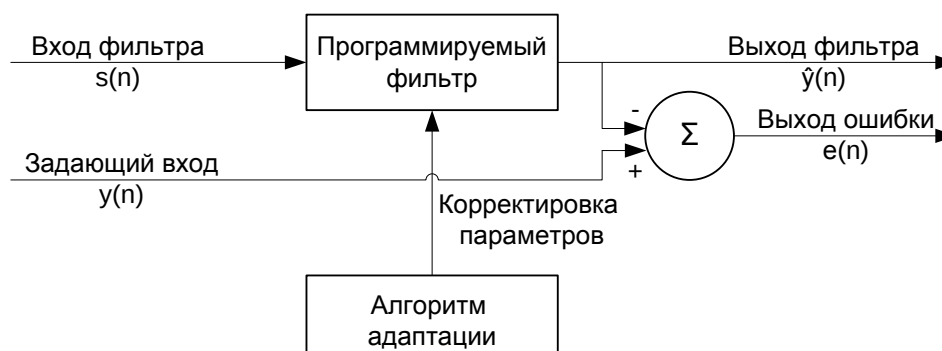


Рис. 1. Схема адаптивного фильтра [5].

Фильтры используются для пропускания сигналов в нужном диапазоне частот и ослабления сигналов вне этого диапазона. классификация фильтров в первую очередь проводится по виду амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) фильтров низких частот (ФНЧ), верхних частот (ФВЧ), полосно-пропускающего фильтра (ППФ) и полосно-заграждающего (режекторного) фильтра (ПЗФ).

Цель исследований. Основной задачей исследования является поиск и разработка эффективной методики фильтрации

сигналов, полученных от акселерометров контрольно-измерительного комплекса при проведении экспериментальной оценки эксплуатационных свойств мобильных машин.

Результаты исследований. Если рассматривать мобильную машину – МТА, как механическую систему, которая выполняет агротехническую операцию и вначале она находится в точке 0, но под действием определенных сил агрегату сообщается некоторое ускорение. В процессе работы мы проводим измерение ускорений с шагом Δt секунд, контролируя состояние агрегата.

Критерием оптимальности принято считать обеспечение максимума отношения сигнал-шум. Это требование приводит к выбору такой формы частотного коэффициента передачи фильтра, которая обеспечивает максимум отношения сигнал-шум на его выходе. Для получения более точной информации в решении этой задачи используем фильтр Калмана.

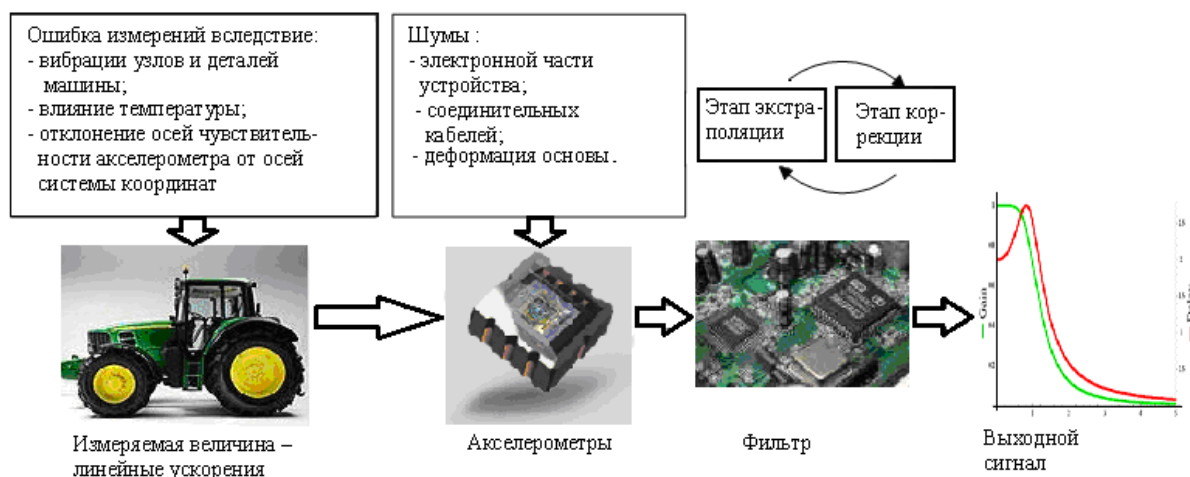


Рис. 2. Схема замера линейных ускорений МТА с использованием фильтра.

Фильтр Калмана использует динамическую модель системы (например, физический закон движения), известные управляющие воздействия и множество последовательных измерений для формирования оптимальной оценки состояния. Алгоритм состоит из двух повторяющихся фаз: экстраполяция(предсказание) и корректировка. На первом этапе рассчитывается предсказание состояния в следующий момент времени (с учетом неточности их измерения). На втором, новая информация с датчика корректирует предсказанное значение (также с учетом неточности и зашумленности этой информации) [6].

Будем считать, что между $t-1$ -м и t -м замерами агрегат движется с ускорением $\dot{V}_t$, которое распределяется по

нормальному закону с нулевым математическим ожиданием и среднеквадратическим отклонением σ_a . Воспользуемся законом механики Ньютона и запишем:

$$x_t = Fx_{t-1} + G\dot{V}_t, \quad (1)$$

где: G – случайные воздействия на агрегат.

Ковариационная матрица случайных воздействий в процессе работы агрегата может быть записана в виде:

$$Q = \text{cov}(G\dot{V}) = E[(G\dot{V})(G\dot{V})^T] = GE[\dot{V}^2]G^T = G[\sigma_a^2]G^T = \sigma_a^2 GG^T, \quad (2)$$

где: E – математическое ожидание; σ_a – скаляр.

На каждом этапе работы проводятся замеры состояния агрегата и если допустить, что ошибка измерений μ_t отвечает ранее высказанным требованиям, то ковариационная матрица шума измерений будет иметь вид [7]:

$$R = E[\mu_t \mu_t^T] = [\sigma_a^2]. \quad (3)$$

При использовании фильтра Калмана его алгоритм имеет определенные сложности с расчетной реализацией, поэтому лучше использовать разработанное программное обеспечение Visual Kalman Filter компании HAN Software [8].

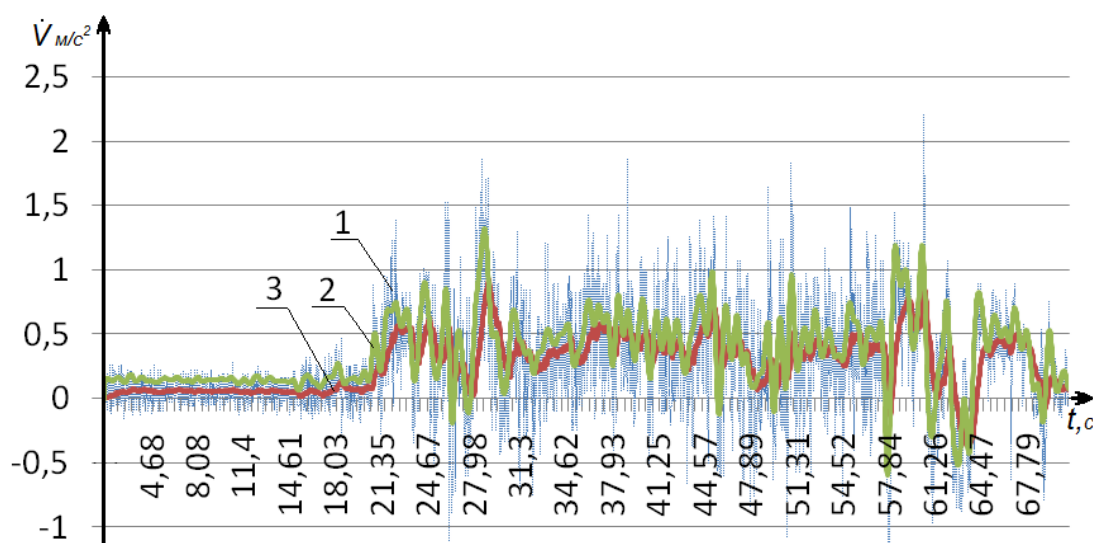


Рис. 3. Изменение ускорений $\dot{V}$ при различных режимах движения агрегата МТЗ-80+ПЛН-3-35 (удельное сопротивление почвы 9,5кН/м): 1 – массив данных не прошедших фильтр; 2 – сигнал, прошедший фильтр Баттерворта; 3 – сигнал, прошедший фильтр Калмана.

Проанализировав результаты по рис.3 приходим к выводу, что определение ускорений мобильного агрегата без использования фильтрации, в некоторых случаях дает рассеивание результата от 0,1м/с² до 0,8м/с².

Проведенная фильтрация с помощью ФНЧ результатов испытаний трактора МТЗ-80, по методике, предназначенной для автомобильного транспорта, позволила повысить точность экспериментальной оценки эксплуатационных свойств.

Вывод. Использование мобильного регистрационно-измерительного комплекса на базе акселерометров MMA7260QT с программным обеспечением Visual Kalman Filter позволяет минимизировать дисперсию полученных сигналов. За счет сглаживания шумов разной физической природы достигается повышение точности экспериментальной оценки эксплуатационных характеристик машинно-тракторных агрегатов. Использование, предложенного фильтра в исследованиях практически не влияет на среднее значение сигнала. Это дает возможность реализовывать возможности влияния на управляемость и устойчивость агрегатов.

Список литературы

1. Горячкин В. П. Теория массы и скоростей сельскохозяйственных прицепов / В. П. Горячкин. – М.: Энергия, 1974. – 240 с.
2. Засоби транспортні дорожні. Стійкість. Методи вивчення основних параметрів випробуваннями : ДСТУ 3310-96. – [Чинний від 01.01.1997]. – К.: Держстандарт України, 1996. – 13 с. – (Національні стандарти України).
3. Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний : ГОСТ Р 52302-2004. – [Дата введения в действие 01.01.2006]. – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2005. – 56 с. – (Национальный стандарт РФ).
4. Метод парциальных ускорений и его приложения в динамике мобильных машин / [Н. П. Артемов, А. Т. Лебедев, М. А. Подригало, А. С. Полянский, Д. М. Клец, А. И. Коробко, В. В. Задорожная]. – Х.: Міськдрук, 2012. – 220 с.
5. Коуэн К. Ф. Адаптивные фильтры: Пер. с англ. / Под ред. К. Ф. Коуэна и П. М. Гранта. – М.: Мир, 1988. – 392 с.
6. Раевский Н. В. Применение алгоритма классического линейного фильтра Калмана для оценки параметров движения маневрирующего в пространстве объекта / Н. В. Раевский, А. А. Киселёва, М. В. Лютая // Вісник ЧДТУ. – 2011. – № 2. – С. 85–90.
7. Grewal M. Kalman filtering theory and practice using Matlab / M. Grewal, A. Andrews // Second edition. – New York: Wiley, 2001. – 410 p.
8. Design Kalman Filter with ease! [Електронний ресурс]: HAN Software – Режим доступу : <http://www.luckhan.com/kalman-filter-design.htm>.

В статье проведены результаты исследований по применению фильтра Калмана для повышения точности исследования динамических и кваліметрических параметров мобильных машин в процессе их эксплуатации и выполнении агротехнических операций.

Динамические и кваліметрические параметры, адаптивные фильтры, акселерометры.

The paper investigated on the application of the Kalman filter to enhance the quality the study of the dynamics of mobile machines during their exploitation and implementation of farming operations.

Dynamic and qualitative parameters, adaptive filters, accelerometers.

УДК 621.9.048.7:621.373.826:631.31

ГЛИБИНА ТА МІКРОТВЕРДІСТЬ ЗМІЦНЕНОГО ЛАЗЕРОМ ШАРУ СТАЛІ 65Г ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН

***Ю. О. Ковальчук, В. В. Дідур, А. В. Невзоров,
кандидати технічних наук***

Уманський національний університет садівництва

Проаналізовано, який тип сталі виробники робочих органів ґрунтообробних машин використовують в Україні. Досліджено властивості даної сталі внаслідок лазерного зміцнення та доцільність застосування для ще більшого підвищення зносостійкості відповідних знарядь різних додаткових заходів з метою забезпечення ефективного впровадження методу поверхневої лазерної обробки у виробництво.

Метод поверхневої лазерної обробки, лазерне зміцнення, гартування, наплавлення, зносостійкі твердосплавні порошки, сталь 65Г, робочі органи ґрунтообробних знарядь.

Постановка проблеми. Перед виробниками ґрунтообробних машин однією із першочергових задач стоїть забезпечення вищої міцності тих зон робочих органів, які найбільше піддаються зносу. В результаті абразивного зношування робочих поверхонь відбувається втрата первинної форми різальних елементів, що призводить до збільшення тягового опору ґрунтообробних машин та витрат паливно-мастильних матеріалів. Також виникає потреба в заточуванні або заміні зіпсованих деталей.

Для зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин може успішно застосовуватися метод поверхневої лазерної обробки. Стоїть задача аналізу лазерного впливу на характеристики сталі, що використовується в Україні відповідними виробниками для виготовлення таких робочих органів, як лемешів плугів, дисків борін, лап культиваторів тощо. Також треба дослідити можливість застосування

© Ю. О. Ковальчук, В. В. Дідур, А. В. Невзоров, 2015