

зования фонда времени уборочных и транспортных агрегатов и, следовательно, повышения их производительности.

Заключение

1. Разработанные алгоритм и программа расчета на ПЭВМ положены нами в основу оптимизации машинно-тракторных агрегатов и комплексов машин в природно-производственных условиях Республики Беларусь и конкретных условиях сельскохозяйственных предприятий.

2. Разработанная методика выбора рациональных комплексов машин и полученные критериальные математические модели могут быть использованы при проектировании материально-технической базы и производственных процессов, планировании использования технического и трудового потенциала, организации и нормировании работ, управлении производственными процессами в сельскохозяйственных предприятиях.

Литература:

1. Непарко Т.А. Прогнозирование рационального состава машинно-тракторных агрегатов // Агропанорама.- 2004.- № 2.- С. 30-36.
2. Эксплуатация сельскохозяйственной техники. Учебник / Ю.В. Будько [и др.]; под ред. Ю.В. Будько. – Мн. : Беларусь, 2006.
3. Эксплуатация машинно-тракторного парка: Учеб.пособие для с.-х. вузов/ А.П. Ляхов, А.В. Новиков, Ю.В. Будько, П.А. Кункевич и др.; Под ред. Ю.В. Будько.- Мн.: Ураджай, 1991.
4. Нагірний Ю.П. Обґрунтування інженерних рішень.- Київ.: Урожай, 1994.

УДК 629.113.001

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРАТЕГИЙ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ МОБИЛЬНОЙ МАШИНЫ

Широков Б.Н. (Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси)

В статье рассмотрен аппаратно-программный комплекс для исследования стратегий управления системой динамической стабилизации мобильной машины, выполненный по hardware-in-the-loop технологии. Приведена структура разработанного комплекса и математическая модель мобильной машины. Получены результаты моделирования маневра мобильной машины с учетом работы системы динамической стабилизации.

Введение

Разработка и верификация алгоритмов управления системами активной безопасности являются одними из ключевых составляющих процесса проектирования современной мобильной машины. Одной из базовых технологий при решении таких задач является технология hardware-in-the-loop (HIL). Суть HIL состоит в такой организации процесса исследования и испытания технического объекта, при котором его реальные исполнительные и сенсорные компоненты объединяются через устройства сопряжения с компьютерной моделью поведения объекта в эксплуатационных условиях. Таким образом, имеет место полунатурное моделирование. В настоящее время ведущими производителями устройств сопряжения являются такие компании как National Instruments, dSPACE, veDYNA и т.д. Данная технология нашла широкое применение при разработке антиблокировочных систем [1] и систем динамической стабилизации [2]. Аппаратно-программный комплекс разработан на базе кафедры «Автомобильная техника» Технического университета г. Ильменау (Германия) в процессе стажировки автора в рамках программы «Восточное сотрудничество».

1 Описание аппаратной части комплекса

Принципиальная схема разработанного комплекса и внешний вид показан на рисунках 1 и 2. Аппаратная часть комплекса состоит из главного тормозного цилиндра, четырех тормозных механизмов и блока ESP производства компании Bosch, из которого удалена оригинальная электронная часть управления клапанной коробки. На рисунке 1 также приведена гидравлическая схема клапанной коробки ESP. Система динамической стабилизации может работать в трех режимах:

- 1) перераспределение тормозного давления в случае нажатия на педаль тормоза;
- 2) создание дополнительного тормозного давления в случае недостаточного нажатия водителем на педаль тормоза;
- 3) автоматическая подкачка и перераспределение тормозного давления для стабилизации движения мобильной машины.

Первый режим обеспечивается впускными и выпускными клапанами на соответствующие колеса. Каждый тормозной контур действует на одно переднее колесо и диагонально противоположащее заднее колесо. Второй и третий режимы обеспечиваются впускными контурными клапанами и клапанами-распределителями, а также насосами подкачки.

Управление клапанной коробкой ESP производится в соответствии с исследуемой стратегией управления, которая реализуется в программном продукте Matlab/Stateflow, посредством блока сопряжения производства компании dSPACE. Входными параметрами в блок, реализующий стратегию управления, является информация от виртуальной модели движения мобильной машины, реализованной в программном продукте Matlab/Simulink. Обратная связь аппаратной части комплекса с виртуальной моделью движения мобильной машины осуществляется за счет датчиков давления компании Parker.

2 Описание программной части комплекса

Движение мобильной машины описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{aligned} \dot{V}_x + V_y \omega_z &= \frac{1}{m_a} \left[-\sum_{i=1}^2 (F_{xi}' \cos \delta_i' + F_{xi}'' \cos \delta_i'') - \sum_{i=1}^2 (F_{yi}' \sin \delta_i' + F_{yi}'' \sin \delta_i'') - \sum_{i=1}^2 (F_{fi}' \cos \delta_i' + F_{fi}'' \cos \delta_i'') - F_A \right] \\ \dot{V}_y - V_x \omega_z &= \frac{1}{m_a} \left[\sum_{i=1}^2 (F_{yi}' \cos \delta_i' + F_{yi}'' \cos \delta_i'') - \sum_{i=1}^2 (F_{xi}' \sin \delta_i' + F_{xi}'' \sin \delta_i'') - \sum_{i=1}^2 (F_{fi}' \sin \delta_i' + F_{fi}'' \sin \delta_i'') \right] \\ J_z \dot{\omega}_z - J_{zx} \ddot{\gamma} &= \frac{B}{2} \left[-\sum_{i=1}^2 (F_{xi}'' \cos \delta_i'' - F_{xi}' \cos \delta_i') - \sum_{i=1}^2 (F_{yi}'' \sin \delta_i'' - F_{yi}' \sin \delta_i') - \sum_{i=1}^2 (F_{fi}'' \cos \delta_i'' - F_{fi}' \cos \delta_i') \right] + \\ &+ \sum_{i=1}^2 l_i (-F_{xi}' \sin \delta_i' - F_{xi}'' \sin \delta_i'' - F_{fi}' \sin \delta_i' - F_{fi}'' \sin \delta_i'') + F_{yi}' \cos \delta_i' + F_{yi}'' \cos \delta_i'' - \sum_{i=1}^2 (M_{zi}' + M_{zi}'') \\ J_x \ddot{\gamma} + m_s h_c (\dot{V}_y - V_x \omega_z) - J_{zx} \dot{\omega}_z &= -C_\gamma \gamma - K_\gamma \dot{\gamma} \end{aligned}$$

где $F_{xi}^{(*)}$ – продольная реакция в пятне контакта колеса; $F_{yi}^{(*)}$ – боковая реакция в пятне контакта колеса, $\delta_i^{(*)}$ – угол поворота колеса, $F_{fi}^{(*)}$ – сила сопротивления качению колеса; $M_{zi}^{(*)}$ – момент сопротивления повороту колеса, F_A – продольная составляющая силы аэродинамического сопротивления, m_a – полная масса автомобиля, V_x – поступательная скорость движения, V_y – боковая скорость движения, ω_z – скорость вращения мобильной машины вокруг вертикальной оси, γ – угол крена, C_γ – угловая жесткость подвески, K_γ – угловое демпфирование подвески.

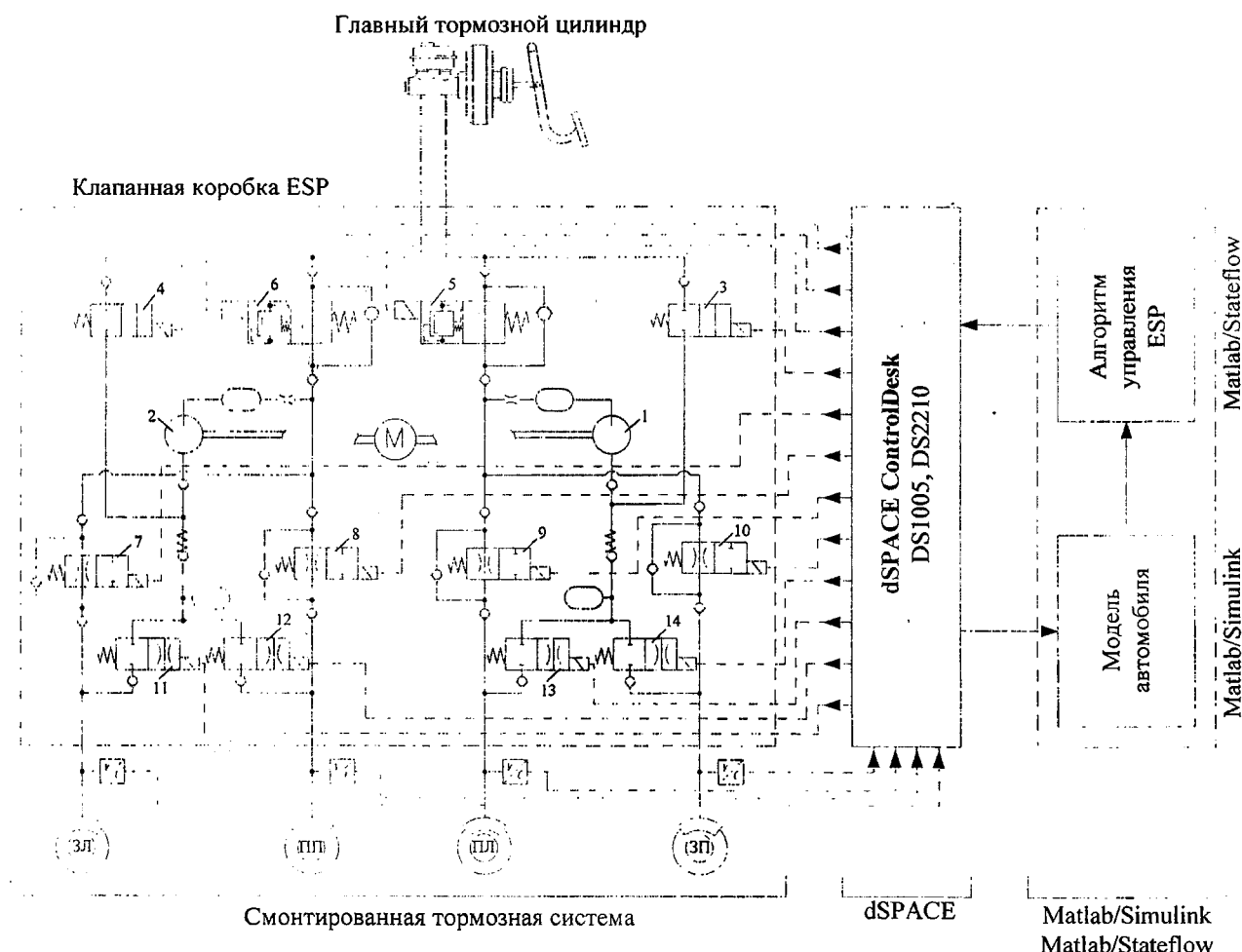


Рисунок 1. Принципиальная схема разработанного стендового оборудования:

- 1 и 2 – насосы подкачки на первый и второй контура, 3 и 4 – впускные контурные клапаны, 5 и 6 – клапаны-распределители, 7 – впускной клапан на заднее левое колесо, 8 – впускной клапан на переднее правое колесо, 9 – впускной клапан на переднее левое колесо, 10 – впускной клапан на заднее правое колесо, 11 – выпускной клапан на заднее левое колесо, 12 – выпускной клапан на переднее правое колесо, 13 – выпускной клапан на переднее левое колесо, 14 – выпускной клапан на заднее правое колесо

Модель формирования продольных и боковых сил построена на нормализованной модели качения колеса Пачейки [3]:

$$\begin{cases} F_x = F_x^{\max} \sin \left(C \cdot \operatorname{atan} \left(\frac{1}{C} s - E \left(\frac{1}{C} s - \operatorname{atan} \left(\frac{1}{C} s \right) \right) \right) \right) \operatorname{sign}(s) \\ F_y = F_y^{\max} \sin \left(C \cdot \operatorname{atan} \left(\frac{1}{C} s - E \left(\frac{1}{C} s - \operatorname{atan} \left(\frac{1}{C} s \right) \right) \right) \right) \operatorname{sign}(s) \\ E = \frac{B - \tan \left(\frac{\pi}{2C} \right)}{B - \operatorname{atan}(B)} \end{cases}$$

где $F_x^{\max}$ и $F_y^{\max}$ – максимальные продольная и боковая силы, s – скольжение в продольном и боковом направлениях, B и C – эмпирические коэффициенты.

В качестве стратегии управления использовался алгоритм динамической стабилизации, основанный на информации об угловой скорости вращения мобильной машины вокруг вертикальной оси, продольном и боковом ускорениях, угловых скоростях колес.

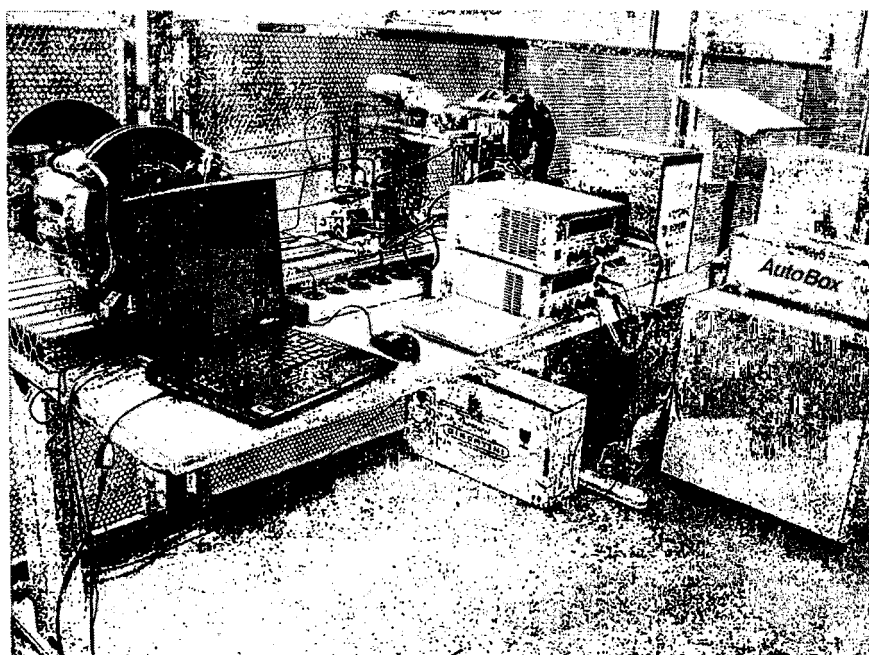


Рисунок 2. Внешний вид разработанного стенда

3 Результаты моделирования

Проведены экспериментальные исследования движения автобуса МА3-256 с системой динамической стабилизации в различных дорожных условиях и при различных видах маневра. Пример результатов эксперимента «Смена полосы движения» показан на рисунке 3.

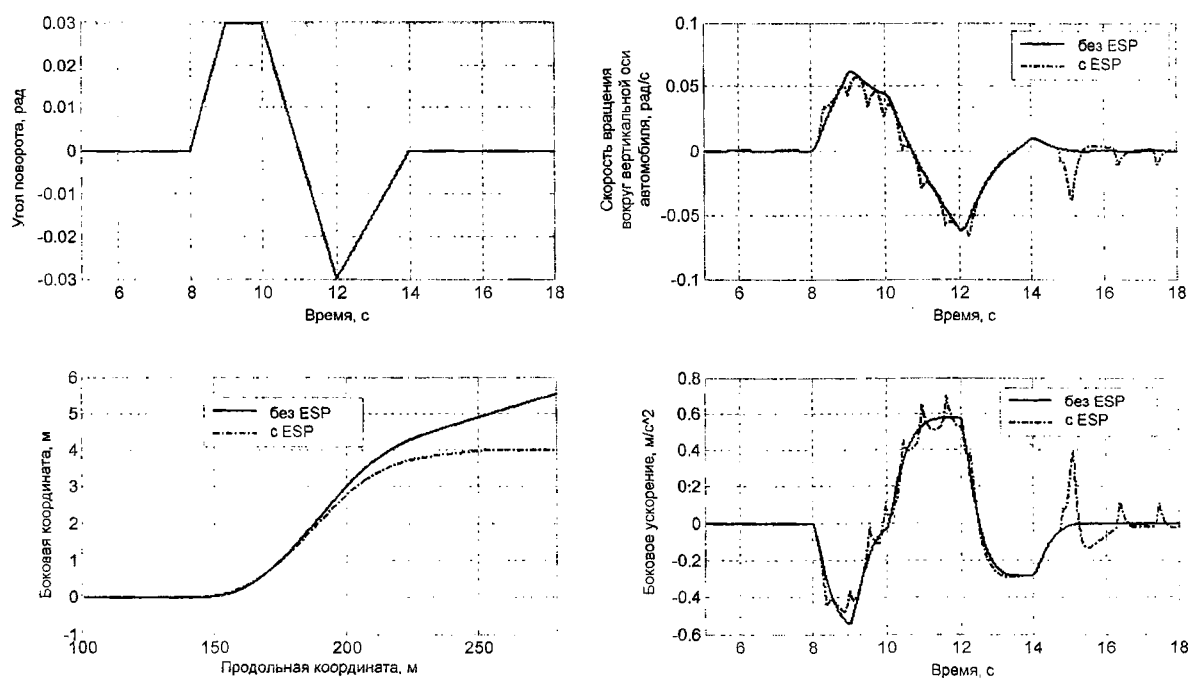


Рисунок 3. Структура разработанной системы

Заключение

Для использования системы динамической стабилизации на автобусе МА3-256 необходима установка гидравлической тормозной системы в связи с тем, что для работы системы стабилизации необходимо более высокое быстродействие, чем развивает установленная пневматическая ТС. Система динамической стабилизации обеспечивает корректировку криволинейной динамики за счет подтормаживания переднего левого/правого колеса и препятствует боковому уведу автобуса. Полученные экспериментальные результаты свидетельствуют о высокой эффективности предложенной системы. Разработанное стендовое оборудование позволяет исследовать различные стратегии управления динамикой мобильной машины для стабилизации ее движения и предотвращения заноса.

Литература

1. Suraci, E. (2006) Development and road tests of an ABS control system / E. Suraci, P. Abagnale, D. Amoroso, F. Mariniello // *Vehicle System Dynamics*, 44:1, 393 – 401
2. D'alfio, N. (2006) Electro-hydraulic brake systems: design and test through hardware-in-the-loop simulation / N. D'alfio, A. Morgando, A. Sornioti // *Vehicle System Dynamics*, 44:1, 378 – 392
3. Pacejka, H. (2006) Tyre and Vehicle Dynamics / H. Pacejka // Elsevier, 2006

УДК 62-597.6.004

КОМПЬЮТЕРНОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТОРМОЗНЫХ НАКЛАДОК АВТОМОБИЛЕЙ

Скадорва А.Ф. (БГСХА)

В повышении эффективности использования автомобилей большое значение имеет совершенствование планирования и управления их техническим обслуживанием и ремонтом на базе современных технических средств. В статье приведена возможность получения данных о состоянии тормозных накладок автомобилей с помощью компьютерной техники.

Введение.

На сегодняшний день разработано достаточно много методов и алгоритмов их реализации для диагностирования многих элементов и систем автомобиля, тогда как для диагностирования тормозных накладок, методов, пригодных для реализации бортовой системой диагностики, практически нет.

Основная часть

Эффективность эксплуатации автомобиля в значительной мере определяется возможностью контролировать и своевременно обнаруживать технические неисправности всех его систем. Таковую проблему решает система встроенной бортовой диагностики автомобиля. Диагностическая аппаратура высокой чувствительности дает возможность возникающие отклонения показателей машины заметить раньше, чем это способны сделать органы чувств человека. Человеческий фактор при диагностировании сложных агрегатов и систем – наиболее уязвимое звено с такими особенностями, как квалификация, опыт, психофизическое состояние и др. Предлагаемый способ компьютерного диагностирования тормозных накладок с помощью компьютерной техники способен исключить этот фактор и получить ряд других преимуществ и перспектив, которые позволят выйти на принципиально новый уровень технического обслуживания.

На сегодняшний день практически все современные модели автомобилей располагают встроенной бортовой системой диагностики.

Работа бортовой системы диагностирования основана на непрерывной проверке ис-