

УДК 69.075

СТРУКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ МАШИН

К.т.н. Т.В. Плугина, к.т.н. А.В. Ефименко, А.А. Буткевич, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Рассмотрена задача интеллектуализации современных погрузочно-разгрузочных машин. Предложена структурная схема и математическая модель интеллектуальной системы погрузочно-разгрузочной машины, обеспечивающей адаптивную оптимизацию рабочих процессов. Выдвинуты критерии, определяющие использование диагностического параметра при непрерывном мониторинге технического состояния машины.

Розглянуто задачу інтелектуалізації сучасних вантажно-розвантажувальних машин. Запропонована структурна схема та математична модель інтелектуальної системи вантажно-розвантажувальної машини, що забезпечує адаптивну оптимізацію робочих процесів. Висунуто критерії, що визначають використання діагностичного параметру при безперервному моніторингу технічного стану машини.

The task of intellectualization modern machines is considered. The block diagram and mathematical model intelligent system of loading machine, which supports the adaptive optimization of working procedure, are proposed. Criteria determining use of diagnostic parameters with monitoring of the technical condition of the machine are nominated.

Ключевые слова: интеллектуализация, система, погрузочно-разгрузочная машина, структурная схема, математическая модель, оптимизация, адаптация, состояние, контроль, критерии, оборудование, модуль.

Введение

Опыт разработки теоретических основ и практической реализации интеллектуальных систем свидетельствует об их перспективности для приложения в области погрузочно-разгрузочных работ.

Проектирование интеллектуальных систем поддержки оператора такого типа машин носит итеративный характер и базируется на проектировании отдельных модулей, подсистем и их интеграции в единое целое на основе искусственного интеллекта и использования современных инструментальных средств создания интеллектуальных дополнений.

Анализ литературы

Современные погрузочно-разгрузочные машины обладают высокими техническими характеристиками и, соответственно, высокой стоимостью. Невзирая на наличие систем самодиагностики и фирменное техническое обслуживание, высокая стоимость и сложность конструкции машин требуют повышенного внимания при обеспечении их работоспособности и производительности на должном уровне в течение всего срока эксплуатации [1]. Современные машины оборудованы системами контроля за всеми эксплуатационными характеристиками. Это позволяет

добиться максимальной эффективности и производительности в независимости от постоянно меняющихся условий эксплуатации. Большинство современных погрузчиков оснащены комплексными системами обработки информации сложной структуры, которые следят за состоянием двигателя, тяговой батареи, трансмиссии, рабочих механизмов, а также оснащены защитой от возможных ошибок или неправильных действий оператора [2].

Актуальность

Погрузчики различного типоразмера и назначения находят широкое применение в дорожном строительстве и хозяйстве. Оптимизация параметров на этапе создания новой техники и выбор погрузчиков из имеющихся на рынке, в зависимости от условий эксплуатации в дорожном хозяйстве, является важной научно-производственной задачей. Определение параметров технических объектов и их выбор в зависимости от условий работы требуют наличия системы показателей, обеспечивающей объективную оценку техники [3]. Для эффективной работы такой сложной структуры необходимо использовать принцип физической, метрологической, информационной и эксплуатационной совместимости. На этапе формирования технического задания на проектирование технико-эксплуатационные параметры и выбор погрузчиков предлагается определять на основе минимизации математической модели продолжительности рабочего цикла погрузчика.

Возникает задача эффективного сопровождения погрузочно-разгрузочной машины, решение которой перекладывается на интеллект самой машины [4].

Цель и задачи работы

Цель работы – определение основных составляющих интеллектуальной системы погрузочно-разгрузочной машины для повышения эффективности рабочего процесса в постоянно меняющихся условиях эксплуатации. Задачи работы: разработка структуры интеллектуальной системы погрузочно-разгрузочной машины; разработка математической модели оптимизации ее рабочих процессов на основе комплекса показаний интегрированных сенсоров.

Задача интеллектуализации погрузочно-разгрузочных машин

Работу современной погрузочно-разгрузочной машины координируют интеллектуальные сенсоры. Система интеллекта повышает комфорт, помогая оператору обеспечить устойчивость погрузчика при работе с тяжелыми грузами на большой высоте, существенно облегчает управление, а также способствует снижению усталости оператора. При прохождении погрузчиком поворота соответствующий сенсор

определяет вес и центробежную силу, осуществляя активный контроль заднего стабилизатора. Микроконтроллер анализирует информацию и включает блокировку наклона задней оси. Таким образом, погрузчик сохраняет стабильное положение и не наклоняется. Активный синхронизатор управления автоматически синхронизирует взаимное положение рулевого колеса и задних управляющих колес погрузчика таким образом, что колеса могут поворачиваться только в ту позицию, при которой погрузчик не теряет устойчивости. Активный контроль грузоподъемного механизма помогает выставлять мачту погрузчика в строго вертикальное положение и позволяет избежать резких перемещений, когда груз поднят достаточно высоко.

Активный контроль положения рабочего оборудования автоматически возвращает его в заданное положение. Система плавного опускания рабочего оборудования управляет гидравлической подсистемой регулирования скорости, фактически исключает удар и грохот в момент контакта оборудования с поверхностью.

Система полного гидравлического усиления руля обеспечивает оператору легкую, не требующую усилий, работу со 100% поворотом колес в неподвижном положении для максимальной мобильности в ограниченном рабочем пространстве. В соответствии с описанными функциями представлена структурная схема интеллектуальной системы погрузочно-разгрузочной машины (рис.1). Любая интеллектуальная система должна отвечать требованиям открытости, многозадачности, устойчивости к конфликтам, устойчивости к отказам элементов, адаптивности, модульности структуры, работы в реальном времени, возможности выбора критериев оптимальности работы.

Согласно структурной схеме (рис.1) интеллектуальная система управляется оператором и микропроцессорной системой автоматического управления (МП САУ) на основе вектора данных о рабочем состоянии машины D . Управляющее воздействие оператора передается через модуль обмена информацией (МОИ) в модуль согласования (МС) параллельно с сигналами управления от МП САУ. МС формирует вектор весомости критериев оптимизации рабочего процесса. МО – модуль оптимизации проводит оценку эффективности рабочих процессов; МКД – модуль контроля датчиков проводит оценку работоспособности элементов контроля; МН – модуль надежности, контроль отказов; МД – модуль данных, сохраненные значения выдаются по запросам других модулей системы. Управляющее воздействие рабочего процесса: МО – модуль оптимизации проводит оценку эффективности рабочих процессов; МКД – модуль контроля датчиков проводит оценку работоспособности элементов контроля; МН – модуль надежности, контроль отказов; МД – модуль данных, сохраненные значения выдаются по запросам других модулей системы.

СС – сенсорная система контролирует следующие подсистемы погрузочно-разгрузочной машины:

- контроль массы груза;
- контроль стабилизации SAS;
- синхронизация сигналов;
- контроль грузоподъемного механизма (ГМ);
- контроль рабочих органов (РО).

СС формирует вектор μ показаний сенсоров и передает его на МУ – модуль управления, который в соответствии с приоритетами модулей вырабатывает сигнал управления энергораспределителями и регуляторами силового привода машины.

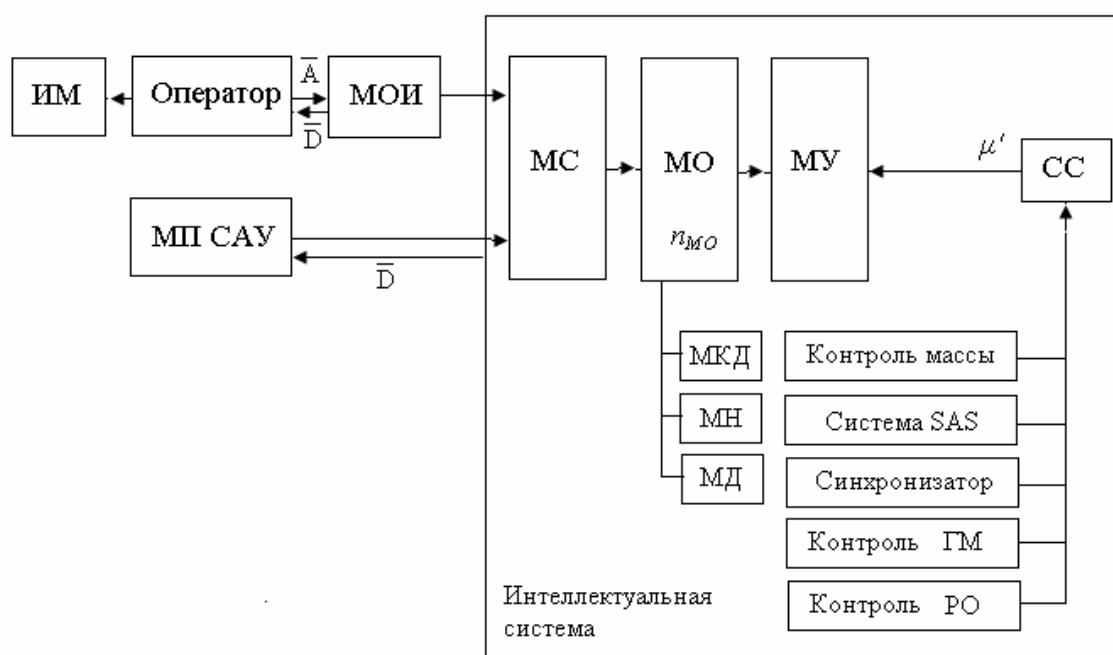


Рис. 1. Структурная схема интеллектуальной системы погрузочно-разгрузочной машины

Математическая модель интеллектуальной системы погрузочно-разгрузочной машины может быть представлена в виде:

$$\begin{cases} \bar{Y}_{MC} \{ \bar{C}, \bar{D}_{MC} \} = f_{MC} (\bar{X}_{MC} \{ \bar{\mu}', \bar{C}_O, \bar{C}_{CAV} \}, \bar{N}_{MC}); \\ \bar{Y}_{MO_i} \{ \bar{N}_{PI_i}, \bar{D}_{MO_i} \} = f_{MO_i} (\bar{X}_{MO_i} \{ \bar{\mu}', \bar{C}, \bar{D}_{MKD} \}, \bar{N}_{MO_i}), i = \overline{1, n_{MO_i}}; \\ \bar{Y}_{MKD} \{ \bar{Z}_{MKD}, \bar{D}_{MKD} \} = f_{MKD} (\bar{X}_{MKD} \{ \bar{\mu}' \}, \bar{N}_{MKD}); \\ \bar{Y}_{MH} \{ \bar{Z}_{MH}, \bar{D}_{MH} \} = f_{MH} (\bar{X}_{MH} \{ \bar{\mu}' \}, \bar{N}_{MH}); \\ \bar{Y}_{MD} \{ \bar{D}_{MD} \} = f_{MD} (\bar{X}_{MD} \{ \bar{\mu}', \bar{D}, \bar{F} \}, \bar{N}_{MD}); \\ \bar{Y}_{MV} \{ \bar{Z}, \bar{D}_{MV} \} = f_{MV} (\bar{X}_{MV} \{ \bar{N}_{PI}, \bar{Z}'_O, \bar{Z}_{MKD}, \bar{Z}_{MH}, \bar{Z}_{CAV} \}, \bar{N}_{MV}). \end{cases}$$

где $\bar{Y}_{MC}, \bar{Y}_{MO_i}, \bar{Y}_{MKD}, \bar{Y}_{MH}, \bar{Y}_{MD}, \bar{Y}_{MV}$ - выходные вектора соответствующих модулей: модуля согласования, модуля оптимизации, модуля контроля датчиков, модуля надежности, модуля данных, модуля управления;

$\bar{D}_{MC}, \dots, \bar{D}_{MV}$ - вектора данных о рабочих процессах соответствующих модулей;

$f_{MC}(\dots), \dots, f_{MV}(\dots)$ - вектор-функции, показывает алгоритм функционирования модулей;

$\bar{X}_{MV}, \dots, \bar{X}_{MC}$ - входные вектора соответствующих модулей;

$\bar{N}_{MC}, \dots, \bar{N}_{MV}$ - вектора параметров соответствующих модулей.

Математическая модель интеллектуальной системы погрузочно-разгрузочной машины в интегральном виде может быть записана следующим образом:

$$\bar{f} = f_{IC}(\bar{\mu}, \bar{N}_{IC}),$$

где $\bar{\mu} \{ \bar{\mu}', \bar{C}_O, \bar{C}_{CAV} \}$ - вектор входных информационных и управляющих сигналов;

$\bar{f} \{ \bar{Z}, \bar{D} \}$ - вектор управляющего воздействия на энергораспределители и регуляторы силового привода;

$N_{IC} \{ N_{MC}, N_{MO_i}, N_{MKD}, N_{MH}, N_{MD}, N_{MV} \}$ - вектор параметров интеллектуальной системы.

Интеллектуальная система решает задачи адаптивной оптимизации рабочих процессов подсистем машины. Основными критериями эффективности погрузочно-разгрузочной машины являются эксплуатационная производительность и надежность. Возникают две типичные рабочие ситуации:

- необходимость обеспечения максимального выполнения погрузочно-разгрузочных операций, что требует от машины максимальной производительности;
- реализация заданной производительности с учетом обеспечения максимальной работоспособности, минимизации отказов за счет рациональной нагрузки силовых систем.

Анализ выражения для определения времени цикла и производительности показывает, что эти величины зависят существенным образом от массы машины как главного параметра и, следовательно, от тягово-сцепных характеристик машины. Минимальное время рабочего цикла погрузчика и максимальная производительность в определенных условиях эксплуатации имеют место при определенном оптимальном значении массы машины.

Выбор критерия осуществляется рабочей ситуацией, при чем интеллектуальная система машины

должна обеспечивать эффективное управление по каждому из критериев. Для определения оптимального состава диагностической информации на основании определенных приоритетов (технико-экономические показатели, ресурсные показатели, показатели безопасности, возможности коммуникационной системы и т.п.) создается матрица диагностических параметров. Диагностическая матрица представляет собой логическую модель, которая описывает связи между диагностическими параметрами и возможными неисправностями объекта [5]. Наиболее важной величиной, которая характеризует процесс диагностики любого объекта, есть информативность диагностических параметров, которая определяется чувствительностью этих параметров к структурным изменениям в объекте и однозначностью в постановке диагноза.

Выводы

Интеллектуальная система погрузочно-разгрузочной машины должна быть оснащена всем необходимым программным обеспечением и оборудованием для мониторинга состояния машины. Разработанная структурная схема и математическая модель интеллектуальной системы погрузочно-разгрузочной машины, обеспечивает решение задач адаптивной оптимизации ее рабочих процессов. Появляется возможность оценки работоспособности исполнительных механизмов, прогнозирование безотказной работы элементов конструкции машины. Накопление данных о параметрах рабочего процесса позволяет на любом этапе эксплуатации проводить мониторинг системы, для обеспечения максимальной безопасности при эксплуатации.

При проектировании и разработке интеллектуальных систем погрузочно-разгрузочных машин необходимо использовать модульный принцип, что обеспечит согласование рабочего процесса машины с функционированием другого оборудования. Такая система позволит разрабатывать высокоинтеллектуальные машины, обеспечит эффективное использование техники в условиях, где она дает наибольший производственный эффект и будет способствовать повышению качества производимых работ. В дальнейшем работа будет направлена на исследование алгоритмов функционирования модулей интеллектуальной системы, определения диагностических параметров рабочего процесса подсистем, а также модуля прогнозирования ресурса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Баловнев В.И. Задача создания систем интеллектуальной дорожно-строительной техники / В.И. Баловнев - М.: Наука и техника в дорожной отрасли, № 4, 2012.
2. Амелин В.М. Электронные системы управления и контроля строительных и дорожных машин / В.М. Амелин, Ю.М. Иньков, В.И. Марсов. - М.: Интекст, 1998.
3. Плугина Т.В. Проектирование интеллектуальных операторских станций распределенных систем управления / Т.В. Плугина, Д.О. Маркозов - Вестник ХНАДУ, Вып.57, 2013.
4. Хмара Л.А. Сетевые технологии в эффективном сопровождении дорожно-строительной техники / Л.А. Хмара, С.И. Кононов. - Вестник ХНАДУ, Вып.57, 2012.
5. Плугина Т.В. Задача интеллектуализации современных строительно-дорожных машин / Т.В. Плугина, В.О. Стоцкий. - ИТЖ Технология приборостроения, Спец. выпуск, 2015.