

УДК 681.5, 629.33

ББК А22

***РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СОЗДАНИЯ  
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МНОГООСНЫМИ  
КОЛЕСНЫМИ ШАССИ***

***Еличев К.А.***

*к.т.н., доцент,*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,*

*Пенза, Россия*

***Пинт Э.М.***

*к.т.н., профессор,*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,*

*Пенза, Россия*

**Аннотация.** Вся методика разделена на несколько этапов, которые включают в себя разработку нескольких подсистем, таких как подсистему управления исполнительными органами, измерительную подсистему, подсистему систематизации полученных данных, разработку общей схемы и выбор ее элементов. Для решения поставленных задач произведен выбор многочисленных датчиков, разработана схема измерительной подсистемы, дано описание ее работы. Даны рекомендации для разработки системы автоматического управления электрической трансмиссией, которые также разделены на этапы. Первый этап – разработка математической модели проектируемой машины. Второй – проверка эффективности работы данной модели в различных эксплуатационных режимах и последний этап – экспериментальная проверка полученных законов регулирования.

**Ключевые слова:** сенсор, датчик, мобильная платформа, контроллер, недеформируемая опорная поверхность, трансмиссия, колесное шасси.

## ***DEVELOPMENT OF THE METHOD OF CREATION OF AUTOMATED CONTROL SYSTEMS OF MANY WHEEL CHASSIS***

***Elichev K.A.***

*candidate of technical sciences, associate professor,  
Penza State University of Architecture and Construction,  
Penza, Russia*

***Pint E.M.***

*candidate of technical sciences, professor,  
Penza State University of Architecture and Construction,  
Penza, Russia*

**Annotation.** The whole procedure is divided into several stages, which include the development of several subsystems, such as a subsystem for managing executive bodies, a measuring subsystem, a subsystem of systematizing the data obtained, the development of a general scheme and the selection of its elements. To solve the problems, a number of sensors were selected, a scheme of the measuring subsystem was developed, and a description of its operation was given. Recommendations are given for the development of an automatic transmission control system, which are also divided into stages. The first stage is the development of a mathematical model of a projected machine. The second is to check the efficiency of this model in various operating modes and the last stage is the experimental verification of the obtained regulatory laws.

**Key words:** sensor, sensor, mobile platform, controller, non-deformable bearing surface, transmission, wheeled chassis.

Для внедрения информационно-измерительной и управляющей системой (ИИУС) следует пройти следующие этапы разработки:

1. Разработка подсистемы управления исполнительными органами:  
- обзор существующих робототехнических платформ;

- сравнительный анализ платформ по критериям использования, применения и эффективности;

- разработка структуры подсистемы управления;

- разработка методик и принципов работы подсистемы управления.

2. Разработка измерительной (сенсорной) подсистемы:

- анализ задач, решаемых сенсорной подсистемой;

- выбор датчиков подсистемы в зависимости от задач;

- разработка структуры измерительной подсистемы;

- разработка методик и принципов работы измерительной подсистемы.

3. Систематизация полученных данных, разработка обобщенной схемы ИИУС.

4. Выбор элементов схемы ИИУС:

- определение входных критериев и выходных параметров;

- разработка схемы выбора элементов ИИУС.

Измерительная подсистема мобильной платформы должна позволить решить следующие задачи:

- обеспечение возможности анализа сцен окружающего мира;

- определение параметров наблюдаемых объектов;

- обеспечение возможности избегания опасных режимов функционирования;

- дополнительно решаемые подзадачи.

Выбор датчиков для решения задач сведен в табл.1.

В качестве сенсоров используют зависимые (показания сенсоров зависят от факторов окружающей среды) и независимые (показания сенсоров не зависят или не должны зависеть от факторов окружающей среды) датчики.

С учетом этих особенностей на основании данных табл.1 и существующих решений построения информационно-измерительных систем [1.2.] разработана структура измерительной подсистемы (рис.1).

На рис.1 выделено два уровня: I уровень – бортовое управление мобильного платформы, II – дистанционное управление. Уровень

дистанционного управления представлен автоматизированным рабочим местом (АРМ), с которого и поступают основные команды управления на интеллектуальную систему управления (ИСУ) мобильной платформой,

Таблица 1

Выбор датчиков измерительной системы в соответствии  
с задачами мобильной платформы

Передача	Датчик
<b>Обеспечение возможности анализа сцен окружающего мира:</b>	
Анализа сцен окружающего мира	Бортовая видеокамера
<b>Определение параметров наблюдаемых объектов:</b>	
Положение объекта в дальней зоне	Лазерный дальномер
Положение объекта в ближней зоне	Сонар
Расстояние до объекта	Лазерный дальномер, сонар
Скорость и направление движение объекта	
Цвет объекта	Датчик цвета
Температура объекта	Пирометр
<b>Обеспечение возможности избегания опасных режимов функционирования:</b>	
Наезд на препятствие	Тактильный датчик
Низкий заряд батареи	Датчик разрядки батареи
Неисправность исполнительных механизмов	Энкодер. Датчик давления в шинах
Продолжительная работа в пределах режима	Датчик тока
Недостаточная удаленность от «опасных» объектов	Под конкретную задачу свой датчик
<b>Попадание в непроходимую среду:</b>	
Водоем, глубокая лужа, болото	Датчик влаги
Яма, обрыв, ров, провал	ИК-датчик
<b>Нахождение вблизи агрессивных факторов внешней среды:</b>	
Высокая или низкая среда	Датчик температуры
Химически активная среда	Биосенсор
<b>Дополнительно решаемые подзадачи:</b>	
Отслеживание положения исполнительных механизмов	Энкодер
Определение наклона плоскости движения	Акселерометр

Определение факторов внешней среды:	
Время суток	Датчик сета
Погодные условия	Датчик дождя, тумана, снега
Другие факторы:	
Дым, пыль	Датчик дыма (пыли)
Шум	Микрофон

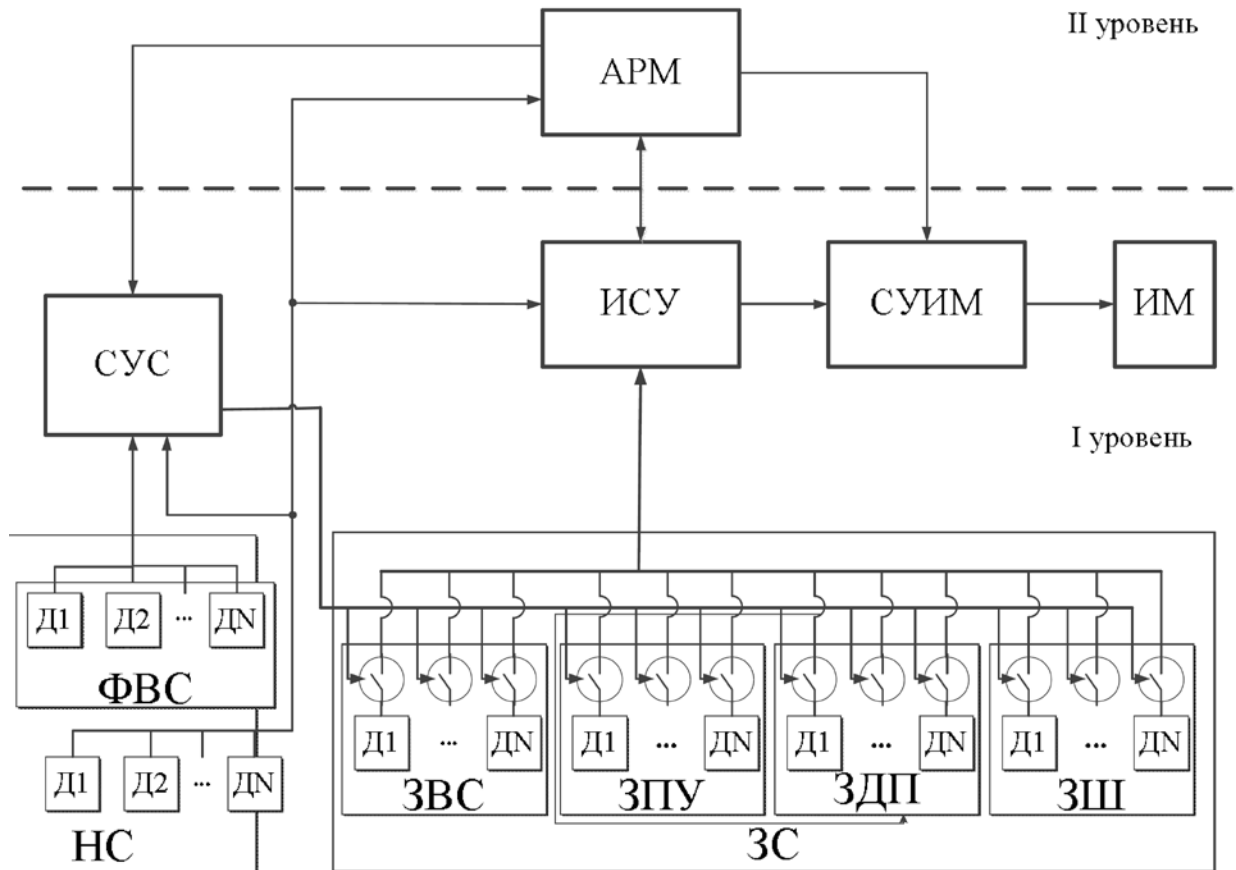


Рис.1– Структура измерительной подсистемы мобильной платформы:

ЗВС – сенсоры, зависимые от времени суток; ЗПУ – сенсоры, зависимые от погодных условий; ЗДП – сенсоры, зависимые от дыма, пыли; ЗШ – сенсоры, зависимые от шума;

ФВС – факторы внешней среды

систему управления исполнительными механизмами (СУИМ) и систему управления сенсорами (СУС). Для ИСУ от АРМ задаются команды типа высокого уровня с указанием направления движения или целевого объекта, для СУИМ – например, команды ограничения скорости, а для СУС – команды на отключение или включение сенсоров. В ИСУ заложены алгоритмы поведения мобильной платформы, например, алгоритм объезда препятствий, алгоритм «инстинкта самосохранения», самодиагностика.

Сенсоры разделены на две большие группы: группа независимых сенсоров (НС) и группа зависимых сенсоров (ЗС).

Данные поступают с ЗС на ИСУ в основном для выполнения задач по определению параметров наблюдаемых объектов. Каждый сенсор относится к определенной группе влияющих факторов внешней среды: зависимые от времени суток, зависимые от погодных условий, зависимые от дыма, пыли или зависимые от шума. У каждого сенсора есть ключ, управляемый СУС, разрешающий (ключ замкнут) или запрещающий (ключ разомкнут) работу сенсора.

Данные, поступающие с НС, более важны, так как отвечают за работоспособность платформы и поступают постоянно. Информация с НС передается на СУС, ИСУ и АРМ. В СУС поступает информация с НС, которые определяют факторы внешней среды. Исходя из этих данных, СУС осуществляет управление включением-выключением сенсоров. СУС может получать данные и с других НС, например, таких как датчик разряда батареи, чтобы отключить, по возможности, энергоемкие сенсоры, или датчик температуры, чтобы отключить сенсоры, которые при данной температуре отображают недостоверную информацию. В ИСУ поступает информация с НС, необходимая для ориентации в пространстве (компас, акселерометр и т.д.) и для определения работоспособности платформы (датчик разряда батареи, датчик температуры). В АРМ поступает информация с НС, зависящая от конкретных целей, обусловленных рядом факторов. Первый фактор – большое расстояние между мобильной платформой и пунктом управления, что снижает скорость приема поступающей информации на АРМ. Вытекающий из первого второй фактор – из-за низкой скорости передачи информации объем передаваемой информации снижается, поэтому, необходимо отправлять только важную и необходимую информацию системы.

На основании изложенных факторов и принципов проектирования мобильных лабораторий [3] получим обобщенную структурную схему ИИУС

(рис.2), которая включает в себя разработанную подсистему измерения и управления исполнительными механизмами. Первый – полевой подуровень включает в себя набор датчиков и исполнительных механизмов, второй – контроллерный подуровень включает в себя контроллер управления исполнительными органами, контроллер сбора данных и главный (интеллектуальный) контроллер. Третий уровень – система связи ИИУС с оператором или сетью ИИУС.

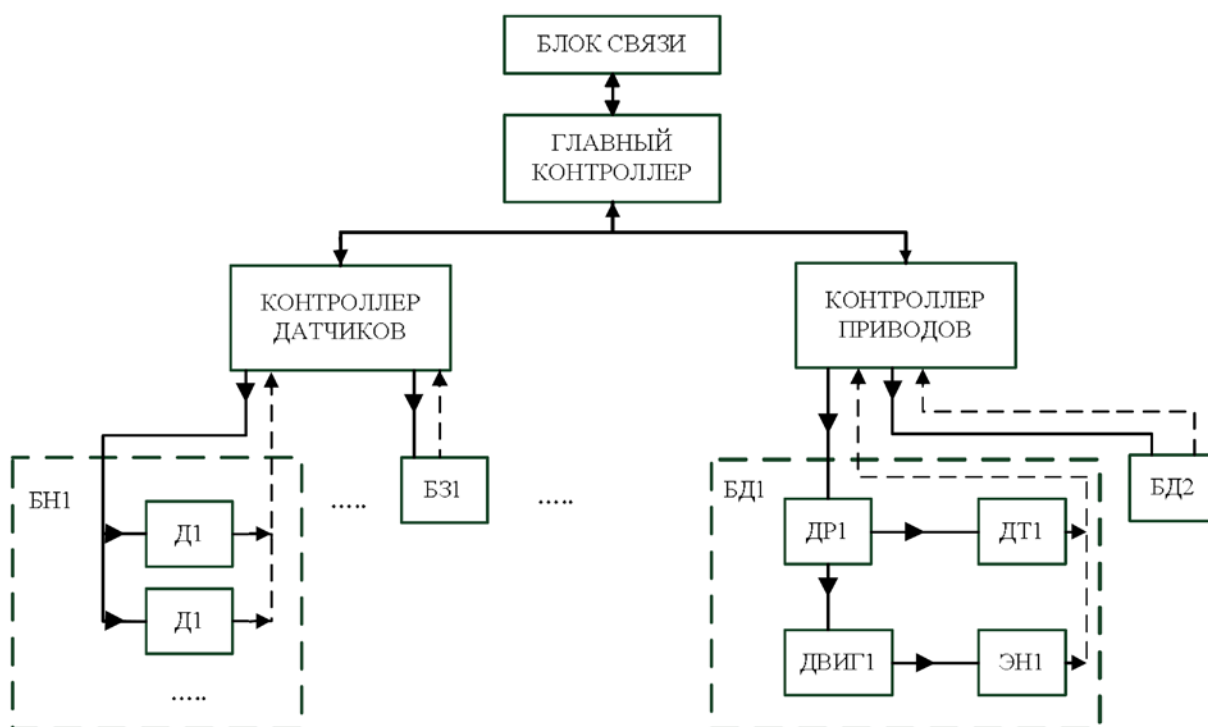


Рис.2. Обобщенная структурная схема ИИУС:

Д – датчик; БН – блок независимых датчиков; БЗ – блок зависимых датчиков; БД – блок двигателя; ДР – драйвер двигателя; ДВИГ – двигатель; ДТ – датчик тока; ЭН – энкодер

Предложенный подход структурного синтеза представляет собой последовательный алгоритм выбора элементов обобщенной структуры ИИУС, построенной на основании начальных требований и целей технологического процесса.

На основании исходных данных объекта автоматизации управления формируются входные критерии, которые поступают на вход блоков выбора элементов системы. На выходе блоков формируются параметры, которые в свою очередь определяют элемент ИИУС и также поступают на входы других блоков схемы. Полный набор элементов ИИУС производится путем последовательного вычисления выходных параметров.

При разработке «интеллектуальной» системы автоматического адаптивного управления электрической трансмиссией высококомобильных колесных шасси рекомендуется включить следующие этапы работ:

1-й этап. Разработка математической модели проектируемой многоприводной колесной машины.

Эту математическую модель рекомендуется вначале создать для анализа движения рассматриваемой машины в условиях недеформируемой опорной поверхности [4]. Обусловлено это тем, что математическое описание взаимодействия эластичного колеса с недеформируемой опорной поверхностью в настоящее время более надежно, дает стабильные результаты и достаточно точно позволяет оценить потери энергии, возникающие при этом.

Кроме этого такой подход также позволяет оптимизировать работу трансмиссии рассматриваемой машины с точки зрения обеспечения минимума потерь на передачу энергии трансмиссией. Исходя из этого, при разработке указанной математической модели следует использовать описания работы трансмиссии, позволяющие с достаточной степенью точности оценивать возникающие в ней потери на разных режимах работы.

Существенное значение при разработке математической модели проектируемого колесного шасси в ракурсе решения рассматриваемой задачи также имеет используемое описание работы источника механической энергии. На начальном этапе рассматриваемых работ можно ограничиться описанием внешней характеристики используемого устройства. На последующих этапах следует ожидать потребность в качественном описании



и так называемых частичных его характеристик, а также характеристики минимального потребления топлива.

2-й этап. Исследование разработанной математической модели с целью формулирования законов регулирования трансмиссией проектируемого колесного шасси для их использования в разрабатываемой системе автоматического адаптивного управления.

В начале эти исследования следует выполнить для прямолинейного движения машины, как при установившемся движении, так и при разгоне.

При моделировании рекомендуется выбирать различные условия движения машины от самых легких (ровная горизонтальная работа) до максимально тяжелых (движение на подъем и т.п.).

Из всего многообразия получающихся вариантов движения машины в данных условиях выбирается оптимальный режим её работы с точки зрения обеспечения максимальной энергоэффективности. В качестве критерия для оценки энергоэффективности машины рекомендуется использовать коэффициент эффективности преобразования потребляемой энергии трансмиссией машины и ее двигателем в работу по ее движению [5].

Выявленные взаимозависимости параметров, характеризующих движение проектируемой машины на оптимальных режимах, используются при формулировании законов регулирования системы автоматического адаптивного управления.

3-й этап. Проверка эффективности сформулированных законов регулирования трансмиссией проектируемой машины на разработанной математической модели в различных эксплуатационных режимах.

На этой стадии рекомендуется использовать математические модели, позволяющие проверить эффективность системы автоматического адаптивного управления, как при прямолинейном движении проектируемой машины по недеформируемой опорной поверхности, так и при ее движении по криволинейной траектории, а также при переезде машины через

различные неровности на дороге и при ее движении в условиях деформируемой опорной поверхности.

Выявленные при этом недочеты в работе системы автоматического адаптивного управления предлагается компенсировать путем включения специальных корректирующих алгоритмов, эффективность которых проверяется путем повторного моделирования соответствующего режима движения проектируемой машины.

Кроме стремления к максимальной энергоэффективности машины, одним из главных критериев при этом следует признать способность создаваемой системы автоматического адаптивного управления компенсировать возможную циркуляцию мощности в трансмиссии, вызванную разными факторами, сопровождающими эксплуатацию проектируемой многоприводной машины.

4-й этап. Экспериментальная проверка полученных в результате математического моделирования законов регулирования.

Для этой цели должен использоваться специально созданный опытный образец проектируемого колесного шасси, снабженного системой автоматического адаптивного управления, обладающей расширенными возможностями в плане подбора различных значений коэффициентов обратных связей, коэффициентов чувствительности и зон нечувствительности каналов управления.

При этом обязательным следует признать необходимость проведения эксперимента, позволяющего оценить адекватность разработанной математической модели проектируемой машины. Если при этом выявлена существенная ее погрешность, то после соответствующей ее корректировки следует проверить справедливость данных, полученных на 2-м и 3-м этапах работы.

5-й этап. Проведение ресурсных испытаний.

Этот этап рекомендуется проводить с целью определения корректирующего алгоритма, призванного компенсировать влияние износа

элементов трансмиссии колесного шасси на сформулированный закон регулирования, использующийся в разрабатываемой системе автоматического адаптивного управления.

Необходимость таких исследований обусловлена тем, что наличие алгоритма позволит существенно продлить эффективную работу регулируемой трансмиссии на проектируемом колесном шасси, а значит, повысит его окупаемость в процессе эксплуатации.

Для этого в течение ресурсных испытаний накапливаются сведения об изменении характеристик элементов трансмиссии колесного шасси в процессе его эксплуатации и оценивают влияние этих изменений на выявленные ранее взаимозависимости рабочих параметров, соответствующих оптимальным режимам работы проектируемой машины. Эту оценку, в частности, рекомендуется проверить с использованием разработанной математической модели проектируемого колесного шасси по предлагаемой методике после корректировки этой модели, добиваясь ее адекватности характеристикам машины на рассматриваемом этапе жизненного цикла.

Очевидно, что для обеспечения реализации в системе автоматического адаптивного управления такой коррекции законов регулирования трансмиссией проектируемой машины должна быть разработана специальная система диагностических тестов, на основании результатов которых и проводится указанная коррекция.

Создаваемая по этой методике система автоматического адаптивного управления должна способствовать улучшению тягово-энергетических показателей многоприводных колесных машин повышенной проходимости при их движении, как в условиях бездорожья, так и в условиях современных дорог, имеющих качественные покрытия.

### **Библиографический список:**

1. Кулаков Н.А., Селифонов В.В., Черанёв С.В. Выбор оптимальной конструкции механической части электрической трансмиссии специального колесного шасси 8x8 // Известия МГТУ «МАМИ». – 2010. – № 1. – С. 78-82.
2. Кулаков Н.А., Лепешкин А.В., Черанев С.В. Разработка и исследование математической модели полноприводного четырехосного автомобиля с электротрансмиссией. М., МАМИ. Научный рецензируемый журнал Известия МГТУ «МАМИ», № 2 (12), 2011. С. 95-105.
3. Кычкин А.В. Модель синтеза структуры автоматизированной системы сбора и обработки данных на базе беспроводных датчиков // Автоматизация и современные технологии. – 2009. – № 1. – С. 15-20.
4. Кычкин А.В. Интеллектуальная информационно-диагностическая система для исследований кровеносных сосудов // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. – 2013. – № 3. – С. 114-123.
5. Лепешкин А.В. Критерии оценки энергоэффективности многоприводных колесных машин. – М., «Автомобильная промышленность», 2010, № 10, с. 19-23.