
УДК 629.114.026

Пидашов В.В.

**К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ РАЗВИТИЯ АКТИВНЫХ
ПОДВЕСОК С СИСТЕМАМИ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
ВОЕННЫХ ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН**

Актуальность проблемы. В настоящее время как в зарубежных, так и в отечественных специализированных изданиях, посвященных достижениям современного военно-промышленного комплекса и перспективным видам вооружений, большое внимание уделяется анализу состояния современной бронетанковой техники и путям их развития. Главный вопрос, интересующий военных теоретиков, достаточно прост – каким быть танку третьего тысячелетия? Но ответить на него однозначно довольно сложно, поскольку это требует анализа большого числа взаимосвязанных факторов. Однако какое бы направление развития не рассматривалось, будь-то огневая мощь, защищенность или подвижность, в основе всегда будет лежать вопрос повышения точности ведения огня с ходу, повышение максимально возможной скорости движения, при которой возможно ведение стрельбы и обеспечения нормальных условий функционирования экипажа. Это, в свою очередь, выдвигает на первый план вопросы совершенствова-

ния систем поддресоривания. Нетрудно предположить, что будущее развитие систем поддресоривания будет связано с совершенствованием конструкций независимых подвесок. В современных условиях пассивные методы повышения плавности хода за счет совершенствования характеристик демпфирующих и упругих элементов практически исчерпали себя. На быстроходных гусеничных машинах получают распространение системы поддресоривания с изменяемыми в зависимости от внешних условий характеристиками, а так же системы автоматического регулирования (САР) характеристик подвески.

Постановка задачи. Существующие методы повышения нелинейности характеристик подвесок обладают существенными недостатками – они ведут к повышению сложности их изготовления и эксплуатации, а также снижению надежности, что в боевых условиях является одним из определяющих факторов. Поэтому наиболее перспективными направлениями развития систем поддресоривания являются создание активных подвесок с системами автоматического регулирования (САР). В данной статье рассмотрены возможные способы реализации САР подвесок военных гусеничных машин.

Основные типы САР. По возможному принципу действия САР могут различаться. Первый, наиболее простой вариант САР, заключается в регистрации специальными датчиками колебаний корпуса. По известным параметрам колебаний САР вырабатывает и подает команды на исполнительные механизмы для изменения характеристик подвески таким образом, чтобы гашение колебаний корпуса было наиболее эффективным. Так, например, при незначительных продольных раскачиваниях и высокой тряске система должна максимально снизить жесткость подвески; при значительных раскачиваниях корпуса жесткость повышается, характеристики демпфирования максимально увеличиваются. И так для всех возможных режимов колебаний корпуса в САР должны быть заложены наиболее оптимальные характеристики подвески.

Второй вариант заключается в определении специальными датчиками профиля пути перед гусеничной машиной. При преодолении единичных неровностей, высота которых меньше динамического хода катка, САР должна поочередно уменьшать жесткость узлов подвески таким образом, чтобы со стороны узла подвески катка, проходящего по неровности, на корпус танка передавалось такое же усилие, как с остальных. Таким образом, максимально уменьшается влияние одиночных неровностей на колебания танка. В идеальном случае корпус танка при прохождении по таким неровностям вообще не будет подвержен внешним возмущениям. При прохождении больших неровностей, которые могут вызвать пробой подвески, жесткость узлов подвески наоборот увеличивается. При движении по поверхности с мелкими неровностями, вызывающими высокочастотные вибрации (тряску), снижается жесткость всех узлов подвески - такого решения в данном случае достаточно, а отслеживать прохождение отдельных катков по высокочастотному микропрофилю поверхности проблематично как из-за необходимости реализации высокого быстродействия САР, так и из-за инерционности исполнительных механизмов активной подвески. Вариант такого типа САР с лазерным датчиком профиля местности был разработан в США для танка МВТ-70, динамика ходового макета с этой системой улучшена на 30%.

Третий вариант совмещает в себе два предыдущих. САР в этом случае отслеживает и профиль пути, и колебания корпуса.

Более подробно остановимся на 2 варианте.

LIDAR как возможная основа систем автоматического регулирования. В качестве устройства для сбора данных о характере местности перед машиной, на осно-

ве анализх которых САР будет отрабатывать соответствующие команды исполнительным механизмам подвески, могут использоваться так называемые лидаровские системы.

Лидар (транслитерация LIDAR англ. Light Identification, Detection and Ranging) - технология получения и обработки информации об удалённых объектах с помощью активных оптических систем, использующих явления отражения света и его рассеивания в прозрачных и полупрозрачных средах.

Лидар как прибор представляет собой активный дальномер оптического диапазона. Сканирующие лидары в системах машинного зрения формируют двумерную или трёхмерную картину окружающего пространства. «Атмосферные» лидары способны не только определять расстояния до непрозрачных отражающих целей, но и анализировать свойства прозрачной среды, рассеивающей свет. Разновидностью атмосферных лидаров являются доплеровские лидары, определяющие направление и скорость перемещения воздушных потоков в различных слоях атмосферы.

Устоявшийся перевод LIDAR как «лазерный радар» не вполне корректен, так как в системах ближнего радиуса действия (например, предназначенных для работы в помещениях), главные свойства лазера: когерентность, высокая плотность и мгновенная мощность излучения — не востребованы, излучателями света в таких системах могут служить обычные светодиоды. Однако, в основных сферах применения технологии (исследование атмосферы, геодезия и картография) с радиусами действия от сотен метров до сотен километров, применение лазеров неизбежно.

Аббревиатура LIDAR впервые появилась в работе Миддлтона и Спилхауса «Метеорологические инструменты» 1953 года, задолго до изобретения лазеров. Первые лидары использовали в качестве источников света обычные или импульсные лампы со скоростными затворами, формировавшими короткий импульс.

В 1963 году в США начались полевые испытания носимого лазерного дальномера ХМ-23 с мощностью излучения 2.5 Вт и диапазоном измеряемых расстояний 200-9995 м. ХМ-23 был изначально несекретным образцом и стал базовым прибором для гражданских исследователей 1960-х годов. К концу 1960-х годов лазерные дальномеры стали стандартным оборудованием новых танков США (первым образцом, спроектированным с учётом лазерных дальномеров стал М551 Шеридан, запущенный в серию в 1967). Гражданские применения лазерных дальномеров были ограничены лишь высокой стоимостью интегральных схем того времени.

Тогда же, в первой половине 1960-х годов, начались опыты по применению лидара с лазерным излучателями для исследования атмосферы.

Принцип действия. Принцип действия лидара не имеет больших отличий от радара: направленный луч источника излучения отражается от целей, возвращается к источнику и улавливается высокочувствительным приёмником (в случае лидара — светочувствительным полупроводниковым прибором); время отклика прямо пропорционально расстоянию до цели.

В отличие от радиоволн, эффективно отражающихся только от достаточно крупных металлических целей, световые волны подвержены рассеиванию в любых средах, в том числе в воздухе, поэтому возможно не только определять расстояние до непрозрачных (отражающих свет) дискретных целей, но и фиксировать интенсивность рассеивания света в прозрачных средах. Возвращающийся отражённый сигнал проходит через ту же рассеивающую среду, что и луч от источника, подвергается вторичному рассеиванию, поэтому восстановление действительных параметров распределённой оптической среды — достаточно сложная задача, решаемая как аналитическими, так и эвристическими методами.

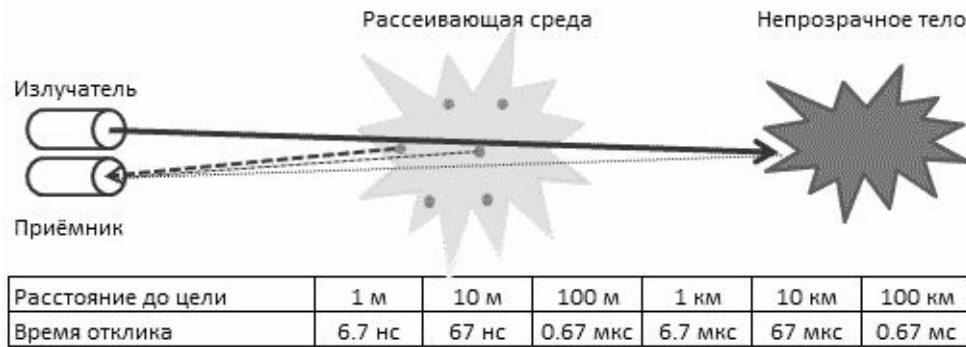


Рисунок 1 – Принцип действия LIDAR

Общее устройство.

1) *Излучатель.*

В абсолютном большинстве конструкций излучателем служит лазер, формирующий короткие импульсы света высокой мгновенной мощности. Периодичность следования импульсов или модулирующая частота выбираются так, чтобы пауза между двумя последовательными импульсами была не меньше, чем время отклика от найденных целей (которые могут физически находиться дальше, чем расчётный радиус действия прибора).

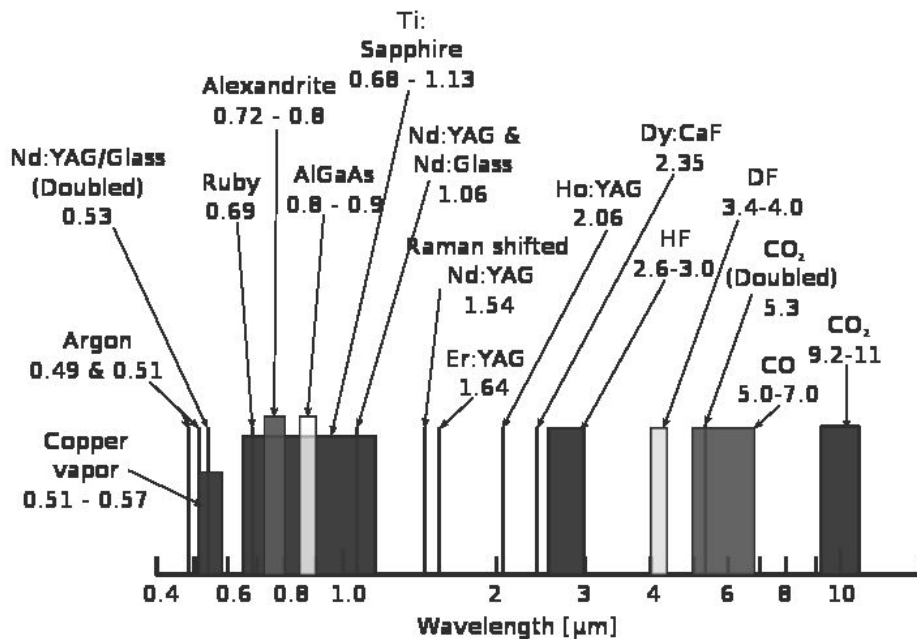


Рисунок 2 - Длины волн, излучаемые наиболее распространёнными лазерами (шкала в микрометрах)

Выбор длины волны зависит от функции лазера и требований к безопасности и скрытности прибора; наиболее часто применяются Nd:YAG-лазеры и длины волн (в нанометрах):

1550 нм — инфракрасное излучение, невидимое ни глазу человека, ни типичным приборам ночного видения. Глаз не способен сфокусировать эти волны на поверхности сетчатки, поэтому травматический порог для волны 1550 существенно выше, чем для более коротких волн. Однако риск повреждения глаз на деле выше, чем у излучателей

видимого света — так как глаз не реагирует на ИК излучение, то не срабатывает и естественный защитный рефлекс человека

1064 нм — ближнее инфракрасное излучение неодимовых и иттербиевых лазеров, невидимое глазу, но обнаружимое приборами ночного видения

532 нм — зелёное излучение неодимового лазера, эффективно «пробивающее» массы воды

355 нм — ближнее ультрафиолетовое излучение

В устройствах ближнего радиуса действия вместо коротких импульсов может использоваться непрерывная амплитудная модуляция излучения переменным напряжением с частотой в единицы мегагерц.

2) Сканирующая оптика.



Рисунок 3 - Два чёрных цилиндра, вынесенные перед бампером - сканирующие лидары беспилотного автомобиля

Простейшие атмосферные лидарные системы не имеют средств наведения и направлены вертикально в зенит. Для сканирования горизонта в одной плоскости применяются простые сканирующие головки. В них неподвижные излучатель и приёмник также направлены в зенит; под углом 45° к горизонту и линии излучения установлено зеркало, вращающееся вокруг оси излучения. Для синхронизации мотора, вращающего зеркало, и средств обработки принимаемого сигнала используются точные датчики положения ротора, а также неподвижные реперные риски, наносимые на прозрачный кожух сканирующей головки.

Сканирование в двух плоскостях добавляет к этой схеме механизм, поворачивающий зеркало на фиксированный угол с каждым оборотом головки — так формируется цилиндрическая развёртка окружающего мира. При наличии достаточной вычислительной мощности можно использовать жёстко закреплённое зеркало и пучок расходящихся лучей — в такой конструкции один «кадр» формируется за один оборот головки.

Приём и обработка сигнала. Важную роль играет динамический диапазон приёмного тракта. Например, приёмный тракт новейшей (2006 год) подсистемы машинно-

го зрення MuCAR-3 с динамическим диапазоном 1:106 обеспечивает эффективный радиус действия от 2 до 120 м (всего 1:60). Чтобы избежать перегрузки приёмника интенсивной засветкой от рассеивания в «ближней зоне», в системах дальнего радиуса действия можно применяют высокоскоростные механические затворы, физически блокирующие приёмный оптический канал. В устройствах ближнего радиуса со временем отклика менее микросекунды такой возможности нет.

Перспективы применения. Лидаровские системы нашёл широкое применение в самых различных областях науки и техники.

Исследование атмосферы - измерение скорости и направления воздушных потоков.

Исследования поверхности земли

Строительство и горное дело - обмеры зданий, контроль отклонения плоскостей стен и несущих колонн от вертикали (в том числе в динамике), анализ вибраций стен и остекления; обмеры котлованов, создание трёхмерных моделей стройплощадок для оценки объёмов земляных работ; обмеры открытых горных выработок, построение трёхмерных моделей подземных горных пластов (в том числе в связке с сейсмографическими инструментами).



Рисунок 4 - Лидар, предназначенный для дистанционных трёхмерных обмеров зданий

Лидары, сканирующие неподвижные объекты (здания, городской ландшафт, открытые горные выработки), относительно дешёвы: так как объект неподвижен, то особого быстродействия от системы обработки сигнала не требуется, а сам цикл обмера может занимать достаточно долгое время (минуты). Так же, как в своё время падала стоимость лазерных дальномеров и уровней, применяемых в строительстве, следует ожидать дальнейшего снижения цен на строительные и горные лидары, — падение цен ограничено лишь стоимостью прецизионной сканирующей оптики. Типичные отрасли применения:

Архитектура — построение трёхмерных моделей городской среды для оценки влияния предлагаемых новостроек на облик города.

Морские технологии - измерение глубины моря (для этой задачи используется дифференциальный лидар авиационного базирования); системы подводного зрения.

Разминирование в воде - обнаружение мин возможно с помощью лидаров, непосредственно погруженных в воду (например, с буя, буксируемого катером или вертолетом), однако не имеет особых преимуществ по сравнению с активными акустическими системами (сонарами). Патентованы средства обнаружения мин в приповерхностных слоях воды с помощью бортовых авиационных лидаров.

На транспорте и в машиностроении - определение скорости транспортных средств (в ряде стран простейшие лидары используются для определения скорости автомобилей — так же, как и полицейские радары); создание беспилотных транспортных средств и промышленные и сервисные роботы.

Но особый интерес представляет использование на основе лидарных устройств систем автоматического регулирования подвесок. Быстродействие таких устройств позволяет использовать их в качестве основы САР. Однако встает другая проблема — инерционность и быстродействие исполнительных механизмов и элементов самой подвески, без решения которой невозможно и внедрение САР в подвесках военных гусеничных машин.

Выводы. Наиболее подходящими из существующих подвесок для работы с САР на основе систем LIDAR можно считать гидропневматические подвески с изменяемым клиренсом. В таких подвесках использование САР для изменения характеристик как рессоры, так и амортизатора возможно с минимальными доработками конструкции. Исследования в этом направлении должны проводиться параллельно с созданием САР.

Литература: 1. Middleton, W. E. K, and Spilhaus, A. F., Meteorological instruments, University of Toronto, 3rd ed. 1953. 2. Lunar Geophysics, Geodesy, and Dynamics by James Williams Jean Dickey in 13th International Workshop on Laser Ranging, October 7-11, 2002, Washington, D. C. 3. Lidar: range-resolved optical remote sensing of the atmosphere series, Springer series in optical sciences, vol. 102 / C. Weitkamp (Ed.). — New York: Springer, 2005. — 460 p. 4. Зуев В. Е. Дистанционное оптическое зондирование атмосферы / В. Е. Зуев, В. В. Зуев. - С-Пб.: Гидрометеиздат, 1992. — 232 с. 5. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Лидар>. 6. http://www.spacestudy.ru/?a=page&item=dzz_methods

Підашов В.В.

ДО ПИТАННЯ ПРО МОЖЛИВІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ
АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПІДВІСОК ВІЙСЬКОВИХ ГУСЕНИЧНИХ
МАШИН

Розглянуті можливі напрямки розвитку активних підвісок військових гусеничних машин з системами активного регулювання на основі лідаровських систем сканування поверхні.

Pidashov V.V.

TO THE QUESTION ON POSSIBLE DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF SYSTEMS
OF AUTOMATIC REGULATION OF SUSPENSIONS OF MILITARY TRACK
VEHICLES

Possible directions of development of active suspensions of military track vehicles with the systems of the active adjusting on the basis of the LIDAR systems of scan-out of surface are considered.
