

ИННОВАЦИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

РОБОТ ДЛЯ ОЧИСТКИ НАПОЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОМЕЩЕНИЙ: ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОЗДАНИЯ ПРОТОТИПА

Е.В. Авотин, ст. науч. сотр. кафедры колесных и гусеничных машин Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, канд. техн. наук

Р.Ю. Добрецов, доц. кафедры колесных и гусеничных машин Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, канд. техн. наук

К.В. Епишин, нач. отдела ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, канд. техн. наук, доц.

Рассмотрен комплекс НИР, направленных на организацию производства образцов универсальных роботизированных уборочных машин, предназначенных для автономной работы на объектах в первую очередь транспортной, энергетической и военной инфраструктур.

Ключевые слова: автономные машины, уборка, система управления, технологические машины, среда движения, безопасность.

В области разработки, производства и эксплуатации автономных транспортных средств сейчас наблюдается бурное развитие. Первой причиной является долгий подготовительный период работ над дистанционно управляемыми машинами (начался более 40 лет назад). Второй, несомненно, — появление электроники с возможностями, достаточными для реализации сложных алгоритмов управления.

К настоящему времени в мире созданы образцы роботизированных автомобилей, планетоходов, технологических машин. В СССР в ОАО «ВНИИтрансмаш» (Ленинград) (рис. 1, 2) были разработаны дистанционно управляемая гусеничная машина и колесный робот, предназначенный для работы в зоне радиоактивного заражения при ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. Эти машины должны были стать основой отечественных транспортно-технологических роботизированных комплексов, однако такому развитию научно-технического задела помешал экономический кризис 1990-х гг. В дальнейшем накопленный учеными и конструкторами опыт нашел применение в проектах технологических машин для уборки помещений.

Среди проектов роботизированных наземных транспортных машин наиболее амбициозными представляются работы по созданию автономно управляемого автомобиля. По сравнению с задачами таких проектов, разработка роботизированных шасси технологических ма-



а)



б)

Рис. 1. Дистанционно управляемый комплекс на базе двух военных гусеничных машин:

а — подвижный пункт управления; б — дистанционно управляемое транспортное средство

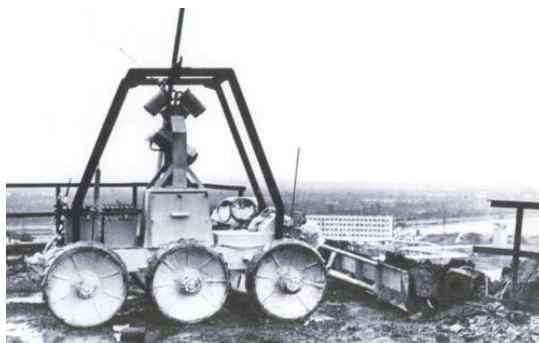


Рис. 2. Дистанционно управляемое транспортное средство на базе трехосного шасси с колесной формулой 6×6 на крыше 4-го энергоблока ЧАЭС

шин, работающих в организованной среде, выглядит начинанием более доступным и обещающим относительно скорые результаты. Однако и в этом случае неизбежно научно-техническое сопровождение опытно-конструкторских работ с привлечением опыта, приобретенного отечественными учеными и инженерами при участии в создании планетоходов, строительных роботов для экстремальных условий и т. д.

Робот рассматривается как необходимая замена человека по следующим причинам:

- затраты на эксплуатацию робота меньше, чем стоимость рабочей силы;
- ущерб от последствий ошибок (или злого умысла), связанных с деятельностью человека, также меньше, однако могут возрасти затраты на эксплуатацию машины;
- присутствие человека в зоне работ невозможно или нежелательно.

Последние два обстоятельства делают экономически целесообразной разработку и внедрение роботизированной технологической машины, предназначенной для уборки напольных поверхностей вестибюлей и платформ метрополитена, помещений атомных станций и военных объектов, складов и цехов высокотехнологичных производств. Зарубежный опыт подтверждает это заключение, и на рынке представлены модели уборочных машин, имеющих разную степень автоматизации выполняемых работ.

Анализ рынка существующих машин для уборки помещений позволил сделать следующие выводы:

- в спектре предлагаемых моделей заметную роль начинают играть роботизированные машины;
- к основным ведущим мировым производителям, специализирующимся на выпуске уборочной техники, относятся следующие фирмы: Kärcher, Hako-Werke, Hefter Cleantech, Gansow (Германия), Tennant (США), IPC, Delvir (Италия), Cleanfix, Taski (Швейцария), Nilfisk-Advance (Дания) и др.;

– присутствие на рынке каких-либо отечественных уборочных машин выявить не удалось, а попытки отдельных частных лиц и некоторых организаций (например, ОАО «ВНИИтранс-маш» и Петербургский метрополитен) разработать и организовать серийное производство роботизированных уборочных машин, предпринятые в 1990–х гг., к успеху не привели.

Освоение производства роботизированных уборочных машин (РУМ) на сегодня является не только экономически целесообразным и престижным для российского машиностроения. Роботизированные технологические машины – основа проектов, затрагивающих безопасность и обороноспособность страны.

Несмотря на отставание в вопросах проектирования, изготовления и эксплуатации роботов, на сегодня в России имеются предпосылки для создания такой машины – главным образом, благодаря тому что еще сохранились научно-технический потенциал, наработанный в военно-космической промышленности, и большая масса нерезализованной интел-

лектуальной собственности, сосредоточенная в настоящее время в учебных заведениях и НИИ.

Исследования, направленные на создание автономных транспортных средств – транспортных роботов для очистки напольных поверхностей помещений (АТС-ТРОНП), в конечном счете, приведут к созданию семейства современных отечественных уборочных машин, которые могут функционировать как в автономном режиме, так и под управлением оператора.

Состояние вопроса. В технологическом процессе поддержания чистоты помещений и территорий применяются подметальные машины (выполняют сухую уборку); поломоечные машины (выполняют влажную уборку) и комбинированные подметально-поломоечные машины. Уборочные машины могут быть толкательного типа без тягового привода, оснащенные тяговым приводом, управляемые оператором и роботизированные.

Машины для сухой уборки предназначены для очистки поверхности от грязи без ее смачивания. Влажная уборка загрязненной поверхности выполняется с предварительным нанесением на нее жидкости с моющим составом. Комбинированные машины могут выполнять как влажную, так и сухую уборку.

Немаловажным для уборочной машины является способ подвода энергии к исполнительным механизмам, который может осуществляться от промышленной электросети или аккумуляторных батарей. К машинам, работающим от промышленной электросети, питание подводится по силовому кабелю, подключенному непосредственно в промышленную сеть. Использование кабеля создает некоторые неудобства при уборке. Автономные уборочные машины обычно оснащаются набором аккумуляторных батарей и зарядным устройством. В последнее время, благодаря безопасности, эффективности и удобству эксплуатации, автономное питание приобретает все большую популярность.

Таким образом, основные функции РУМ представляется целесообразным разбить на базовые и обеспечивающие (рис. 3). Первые определены непосредственно набором выполняемых технологических операций, вторые позволяют доставлять оборудование в нужное место и максимально эффективно его применять, а кроме того, обеспечивают безопасность.

Работы, направленные на создание РУМ, проводились в 1980-е гг. во Франции и Японии [1, 2]. В СССР в 1991 г. ОАО «ВНИИтрансмаш» было разработано техническое предложение по созданию робота для уборки вестибюлей метрополитена [3]. Представленная на рис. 4 конструктивная схема может служить прототипом на начальном этапе проведения НИР при разработке новой концепции семейства АТС-ТРОНП.

В настоящее время, помимо бытовых малогабаритных роботов-уборщиков, на рынке представлены и специализированные машины. Примером может служить самоходная поломоеч-



Рис. 3. Основные функции роботизированной уборочной машины (РУМ)

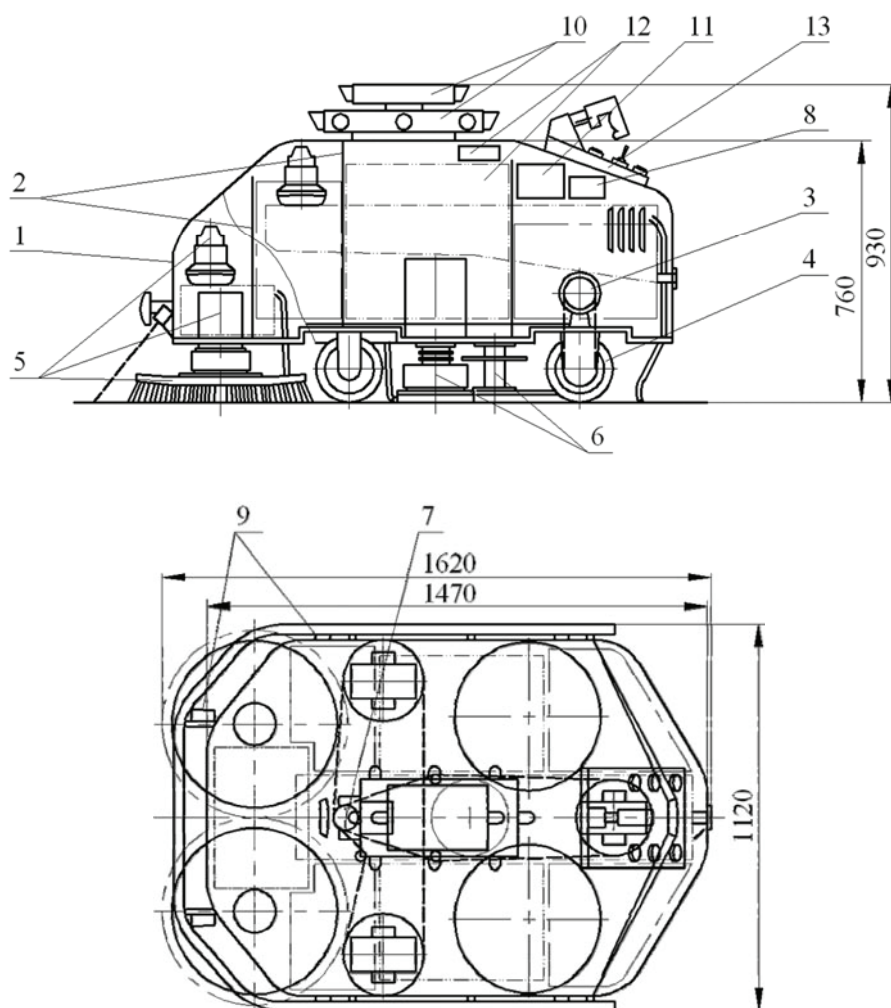


Рис. 4. Общий вид роботизированной моечной машины с возможностью одновременного и раздельного проведения сухой и влажной уборки сбоку и снизу:

1 – корпус; 2 – рама; 3 – тяговый привод; 4 – ведущее колесо; 5 – система сухой уборки; 6 – система влажной уборки; 7 – система управления; 8 – блок управления; 9 – система безопасности; 10 – информационная система; 11 – бортовой вычислительный комплекс; 12 – система энергообеспечения; 13 – пульт управления

ная машина ST82R фирмы Variotech, оснащенная информационной системой SINAS, позволяющей детектировать препятствия. Сигналы с информационных датчиков обрабатываются и посылаются на контроллер, который выполняет необходимые вычислительные процессы. Программное обеспечение оценивает всю входящую информацию, в зависимости от которой вырабатываются соответствующие команды. Прежде, чем приступить к уборке, робота «знакомят» с рабочей средой. Оператор проводит робота по маршруту, которого машина должна держаться во время уборки. Подобный алгоритм управления РУМ был предложен гораздо ранее (1991 г.) ОАО «ВНИИтрансмаш» [3]. Другая автономная уборочная машина – Robokent. Перед началом уборки робот проводит самостоятельный обход помещения и с помощью датчиков формирует путь очистки. Аналогично запрограммирован робот IS 750 [4], который нуждается в обслуживании человеком в течение примерно 30 мин (заправка моющим средством, слив грязной воды и доставка к месту уборки) на 8 ч автономной работы. IS 750 использует программное обеспечение для создания карты рабочего места и определения оптимального маршрута для выполнения работ.

Обобщив данные, можно заключить, что к серийным уборочным машинам предъявляется ряд традиционных требований. К основным из них относятся минимальная масса и энергопотребление, максимальная производительность, эргономичность, высокое качество уборки, габарит по ширине (не более 800 мм), обеспечивающий проход в дверные проемы, современный дизайн.

Скорость движения робота составляет 1,0–1,5 м/с. Горизонтальный и вертикальный габариты зависят от назначения машины (подметальная, поломочная или комбинированная), конструктивных особенностей, требований эргономики и дизайна. Максимальная очищаемая площадь напольных поверхностей может изменяться в пределах 3–6 тыс. м²/ч.

В состав *неорганизованной окружающей среды* входит организованная окружающая среда и подвижные препятствия. Препятствия могут быть в виде выступов и впадин. В качестве подвижных препятствий могут выступать люди, строительная оснастка и механизмы.

Люди могут перемещаться по произвольной траектории со скоростью до 1,5 м/с. Строительная оснастка и механизмы могут перемещаться из одного месторасположения в другое, например, при выполнении ремонтных работ. Контуры механизмов также могут быть произвольной формы.

Целью проекта является формирование облика информационной системы, разработка компоновочной схемы, алгоритма управления, программного обеспечения, системы обеспечения безопасности, а также проработка возможных вариантов тягового привода, исполнительных приводов системы управления, систем сухой и влажной уборки РУМ.

Имеющийся в настоящее время научно-технический задел позволяет приступить к выполнению серии ОКР по созданию роботизированных машин различных классов и различного назначения, в том числе в интересах национальной обороны, Роскосмоса, МЧС и т. д.

Дальнейшая разработка данной темы позволит:

- получить новые знания в области управления РУМ и построения карты проходимости для этих машин;
- стимулировать дальнейшее развитие перспективных отечественных технологий по созданию автономных транспортных средств, способных перемещаться из одной точки в другую без вмешательства человека;
- создать новый (применительно к РФ) класс АТС-ТРОНП и новую технологию уборки помещений.

Структура НИР. С учетом отсутствия в России какого-либо класса отечественных уборочных машин для очистки напольных поверхностей помещений общественного пользования, при выполнении НИР целесообразно выделить три направления, по которым следует развивать работы:

1. Конфигурация РУМ, информационно-измерительная система, система безопасности, диагностика и контроль, окружающая среда.
2. Конфигурация ходовой части, тягового привода исполнительных устройств и системы энергопотребления, предлагаемая номенклатура уборочных машин и их основные параметры.
3. Расчетно-теоретические исследования подвижности, управляемости, маневренности, безопасности, функционирования исполнительных устройств, тягового привода и энергопотребления.

Первое направление включает выполнение следующих работ:

- более детальное исследование существующего рынка уборочных машин различного назначения и потребности РФ в различных видах машин;
- исследование номенклатуры убираемых площадей и уборочных машин, которые целесообразно производить в РФ, с таким расчетом, чтобы они могли занять достойную нишу на отечественном и мировом рынках;
- проведение исследований научно-технических достижений в области разработки и создания уборочной техники в зарубежных странах, включая роботизированную;

- разработка конфигурации и обобщенной структурной схемы АТС-ТРОНП, комплексный анализ функционирования этой схемы;
- разработка конфигурации информационно-измерительной системы, способ построения карты проходимости и прокладки траектории;
- формирование облика организованной окружающей среды;
- комплексный анализ функционирования АТС-ТРОНП для разработки алгоритмов функционирования систем диагностики и контроля;
- подготовка предложений по структуре и обеспечению системы безопасности при движении в организованной и неорганизованной окружающей среде;
- исследования по выбору схемы построения системы безопасности, диагностики и контроля; комплексного алгоритма управления машиной, составными элементами которой являются организованная и неорганизованная окружающая среда, информационно-измерительной системы, исполнительных механизмов тягового привода, приводов поворота управляемых колес (рулевое управление) и рабочих органов системы сухой, влажной уборки;
- изготовление и проведение испытаний макетного образца АТС-ТРОНП;
- обработка результатов испытаний, подготовка предложений и рекомендаций для выполнения ОКР.

Второе направление исследований включает следующий объем работ:

- разработка динамической модели АТС-ТРОНП для различных режимов движения и проведение моделирования работы машин;
- разработка математической модели для исследования влияния инструментальной погрешности информационных датчиков, люфтов и зазоров в механических узлах на точность реализации заданной траектории; проведение исследований по разработанной модели и выбор информационно-измерительных систем устройств и датчиков;
- разработка комплексного алгоритма управления исполнительными механизмами АТС-ТРОНП, проведение математического моделирования подвижности, управляемости, маневренности и безопасности при движении робота в неорганизованной среде;
- разработка первой версии программного обеспечения;
- коррекция расчетно-теоретических материалов.

Третье направление исследований включает следующие работы:

- поиск оптимальной конфигурации ходовой части в зависимости от состава, числа и расположения исполнительных механизмов, числа управляемых колес и емкости источника энергии;
- подготовка рекомендаций по номенклатуре-типажу уборочных машин (подметальные, поломоечные, комбинированные), особенностям их общей компоновки и конструкции устройств информационно-измерительной системы; ходовой части; тягового привода; системы безопасности; исполнительным механизмам системы сухой и влажной уборки; системы диагностики и контроля систем, устройств и механизмов АТС-ТРОНП;
- разработка макетного образца для проведения предварительных исследований;
- корректировка конструкторской документации.

Ожидаемые результаты НИР. Выполнение НИР поможет дать четкое видение решаемых задач, связанных с разработкой и созданием АТС-ТРОНП. К таким задачам относятся:

- структурная схема АТС-ТРОНП;
- конфигурация информационно-измерительной системы;
- облик организованной и неорганизованной окружающей среды;
- способ построения карты проходимости, прокладки траектории и алгоритма управления информационно-измерительной системой, исполнительными механизмами тягового привода и приводов поворота управляемых колес, рабочих органов (системы сухой и влажной уборки);
- алгоритм функционирования системы диагностики и контроля;
- структура системы безопасности и обеспечение безопасности при движении в неорганизованной среде.

В результате выполнения НИР должны быть подготовлены:

- номенклатура РУМ, целесообразных к производству в РФ и убираемых площадей, которые следует содержать в чистоте с применением РУМ;
- аналитический обзор и анализ уровня готовности государственных организаций и частных фирм РФ к работам по созданию номенклатуры РУМ;
- комплект документов для выполнения ОКР, связанных с выбором параметров тягово-тормозной динамики, систем сухой и влажной уборки, системы безопасности, информационной системы, алгоритма и системы управления, диагностики и контроля параметров РУМ;
- алгоритм управления движением и первая версия программного обеспечения макетного образца АТС-ТРОНП;
- акты экспериментальных исследований и рекомендации по выбору кинематических схем ходовой части, механизмов привода исполнительных устройств систем сухой и влажной уборки; составу, структуре и архитектуре информационно-измерительного и вычислительно-управляющего комплекса.

Среди областей возможного применения результатов исследования по предлагаемой теме могут быть выделены следующие: сфера обслуживания, промышленность, здравоохранение, образовательные, административные, культурно-просветительные и спортивные учреждения. Выполнение предлагаемой НИР сократит разрыв между РФ и развитыми зарубежными странами по наиболее перспективному и значимому направлению работ в области разработки и создания АТС, которые, по мнению зарубежных специалистов, должны найти широкое применение и в военном деле.

В заключение отметим, что не всегда уборочные машины, предназначенные для уборки бытовых помещений, способны предоставить полный комплекс мероприятий по локализации последствий аварий на объектах, подверженных радиационному или химическому загрязнению. Поэтому иногда уборочные машины, предназначенные для работы в зоне радиационного или химического загрязнения, требуется оснастить специальными щеточными механизмами, вакуумной системой и системой сбора продуктов радиационного загрязнения. Для подобных уборочных машин дополнительно требуется создать оборудование, способное более качественно обрабатывать и удалять с поверхностей помещения все возможные опасные вещества, угрожающие жизни и здоровью людей. Конструктивная схема уборочно-дезактивационного комплекса для сбора продуктов радиационного загрязнения, которые могут появиться при выполнении работ на АЭС, была разработана в ОАО «ВНИИТрансмаш» и предложена Словакии для поставки ее на АЭС в городе Богуница для проведения специальных работ (рис. 5).

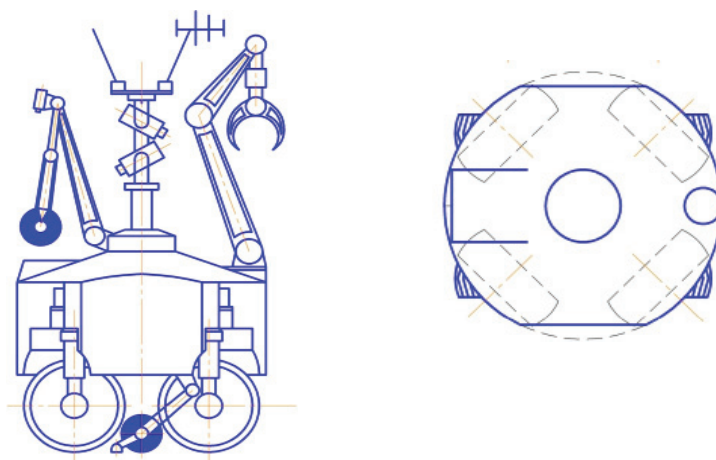


Рис. 5. Конструктивная схема роботизированной уборочно-дезактивационной машины с переменной геометрией ходовой части

Выводы:

1. Создание отечественного робота для очистки напольных поверхностей помещений (метрополитен, объекты военной и энергетической инфраструктуры и др.) – актуальный инновационный вопрос, требующий срочного разрешения.
2. В настоящее время отечественная наука и промышленность в состоянии обеспечить разработку опытного образца такого робота, что позволит рассмотреть возможность серийного производства.
3. Имеющийся задел и опыт работы над дистанционно управляемыми и автономными шасси позволяют сформулировать содержание необходимых этапов НИР, оценить затраты и создать условия для развертывания работ по отладке автономно управляемой машины в целом и ее системы автоматического управления.

Список литературы

1. **Соломатин Б.** Будет ли чисто в метро в 2000 году // Ленинградский Метрополитен. 1992. № 4.
2. **Авогин Е.В.** Робот-уборщик // Наука и жизнь. 1991. № 7.
3. **Отчет № 91010036.** Формирование облика роботизированной уборочной машины, макетирование отдельных узлов и систем (Заключительный отчет по договору № 14141). Ленинград, ОАО «ВНИИ-трансмаш». 1991.
4. **Подметальные** машины. Режим доступа: www.leasinginfo.ru/news.content/1197331838.html.