

## **Создание многофункциональной машины для коммунального хозяйства на базе автомобиля МАЗ-5550С5**

Гарост М.М., Шнаркевич А.А.

Белорусский национальный технический университет

*Рассмотрены современные тенденции совершенствования конструкции машин для коммунального хозяйства. Разработана конструкция многофункциональной машины для коммунального хозяйства, которая функционирует по трем технологиям: уборка снега отвалом; распределение противогололёдных материалов; ямочный ремонт дорожных покрытий. Предложены технические решения, повышающие проходимость базового шасси коммунальной машины.*

Проблемы эксплуатации и экологического благоустройства существующего коммунального хозяйства Республики Беларусь решаются путем привлечения новых наукоёмких технологий, инновационных управленческих решений и высокоэффективной техники.

Тенденции развития дорожно-эксплуатационной службы характеризуются реализацией ряда технико-экономических мероприятий [1]:

- городские дорожно-коммунальные службы и дорожное хозяйство для контроля за работой техники оснащаются эффективными микропроцессорными системами управления на базе широкого использования роботизированной техники и спутниковых систем навигации ГЛОНАСС и GPS;

- новые дорожные машины оснащаются оборудованием, обеспечивающим более высокий уровень механизации работ при существенно меньших ресурсозатратах на основе использования многоцелевой компьютеризированной техники, способной за один рабочий ход выполнять весь цикл технологических операций;

- машины имеют высокоэффективную систему сервисного сопровождения.

Создание новых более совершенных технологий и многофункциональных машин, эффективное их использование становятся приоритетными вопросами развития коммунального хозяйства Республики Беларусь. Производство комбинированных дорожных машин для круглогодичного содержания автомобильных дорог в СССР началось в 1963 г. на Смоленском опытно-экспериментальном заводе дорожного оборудования им. М.И. Калинина [1].

Многоцелевые или многофункциональные комбинированные и универсальные машины успешно конкурируют с узко специализированными и в ряде случаев превосходят их экономически. Классификация таких машин приведена на рисунке 1 [1].

Машины многоцелевого назначения совершенствуются, в основном, по трём направлениям [1]:

- создание машин с расширенным комплектом сменных рабочих органов, навешиваемых на базовую машину в зависимости от потребности и характера выполняемых работ (комбинированные и универсальные машины);
- создание машин с постоянно установленными на них несколькими рабочими органами различного назначения (комбайны, ремиксеры, ре-сайклеры и др., выполняющие за один рабочий ход несколько технологических операций);
- создание многоцелевого универсального рабочего органа к базовой машине, способного выполнять ряд функций, для выполнения которых ранее требовалось несколько специализированных машины.

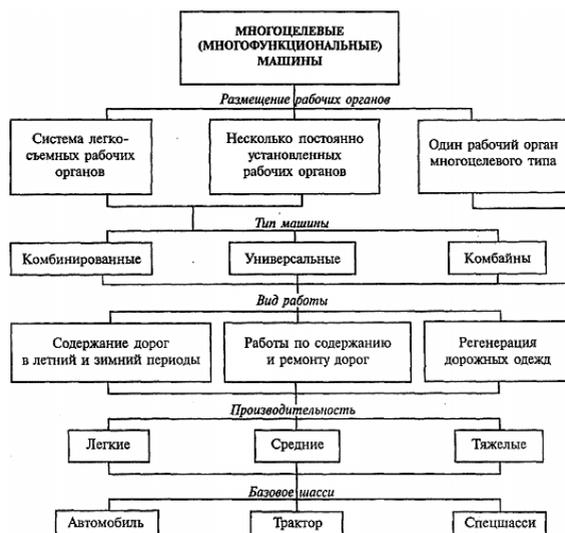


Рис. 1. Классификация многоцелевых (многофункциональных) машин

Реализация первого направления позволяет машинам выполнять больше технологических операций. Универсальные малогабаритные короткобазные машины, выпускаемые в ЕС, США и КНР, имеют разные исполнения и оснащаются различными сменными рабочими органами, позволяющими им работать круглогодично. Здесь следует отметить, что машины второго и

третьего направлений всегда готовы к работе. При эксплуатации машин первого направления всегда требуется время на замену оборудования, подвоз новых рабочих органов, вывоз снятых, их транспортировка, охрана и т.д. Коэффициент использования таких машин снижается [1].

Конструктивно многофункциональные машины создаются в основном на базе «лёгких» и «средних» базовых автомобилей, а специализированные – и на базе «тяжёлых» машин. «Лёгкие» и «средние» функциональные машины имеют комплект сменных рабочих органов к базовому автомобилю. Специализированные многоцелевые машины определённого технологического назначения оснащаются несколькими рабочими органами на специальном шасси.

Использование многофункциональных машин с большим количеством сменного оборудования оправдано экономически. Целесообразность их эксплуатации определяется возросшими объёмами работ по всесезонному содержанию улично-дорожной и дворовой сети. Различным оборудованием (плужным и щётчным, распределяющим для реагентов, поливомоечным с возможностью использования в режиме пожаротушения) машины легко комплектуются в зависимости от потребности. Это позволяет использовать одну машину для выполнения требуемых видов работ, как в летний, так и в зимний период.

Предприятие-потребитель имеет выбор приобрести машину, как в комбинированном варианте, меняя в зависимости от времени года оборудование, так и сезонном (летнее исполнение - поливомоечное и подметальное оборудование, зимнее - пескоразбрасывающее, плужное и щётчное оборудование). Широкий спектр машин и навесного оборудования в настоящее время предлагают практически все производители такой техники [1].

Машины для распределения противогололедных материалов в виде песчано-соляной смеси (далее – ПСС) получили широкое применение в дорожной отрасли и выпускаются в Республике Беларусь несколькими машиностроительными предприятиями: Фанипольский ОМЗ (г. Фаниполь), КУП «Дорвектор-Маш» (г. Молодечно), «Комдор» (г. Вилейка, Минская обл.) и др.

Комбинированные дорожные машины (КДМ) представляют собой базовое пневмоколёсное шасси, на которое устанавливается легко сменяемое оборудование для содержания улично-дорожной и дворовой сети. Машины используются в течение всего года и применяются в зимний период с оборудованием для борьбы со скользкостью дорог, а также уборки с поверхности свежевыпавшего или обработанного технологическими материалами снега; в летнее время года с оборудованием для мойки, подметания, текущего ремонта асфальтобетонных и цементобетонных покрытий и других элементов. Рабочее оборудование таких машин заменяется практически

один раз за сезон. И это экономически оправдывает их широкое применение [1].

Развитию многофункциональных машин способствует модульный принцип проектирования машин. Это позволяет существенно сократить стоимость и повысить качество техники.

КДМ может комплектоваться различным съемным навесным оборудованием [2, 3]:

- автогудронатор;
- передние отвалы для уборки с дороги снега, шуги и наледи;
- боковые отвалы для уборки снега, очистки обочин;
- средние грейдерные отвалы для очистки дороги от снега и наледи;
- распределители противогололедных реагентов для обработки проезжей части твердыми противогололедными реагентами (песок, песчано-соляная смесь, чистая соль, гранитная крошка);
- распределители жидких противогололедных реагентов;
- подметальные щетки для очистки дорожного полотна зимой и летом;
- передние и задние рампы с форсунками высокого и низкого давления для мойки и полива проезжей части и насаждений летом;
- щебнераспределитель.

Кроме того, КДМ может комплектоваться манипулятором, которым можно загружать установленный бункер, выполнять подсыпку щебня и песка для выравнивания дорожных обочин.

Таким образом, на базе шасси одной машины можно «собирать конструктор» из набора различного оборудования.

В государственном унитарном предприятии «Жилищное ремонтно-эксплуатационное объединение Заводского района г. Минска» разработано техническое задание на многофункциональную машину (базовое шасси автомобиль МАЗ-5550С5) для установки съемного пескоразбрасывающего оборудования, установки для ямочного ремонта типа «Тайфун», навешивания переднего снегоуборочного отвала. Пескоразбрасывающее оборудование и снегоуборочный отвал изготовлены КУП «Дорвектор-Маш» (г. Молодечно). Установка ямочного ремонта будет выполнена съемной и предназначена для выполнения текущего ремонта улично-дорожной и дворовой сети по методу струйно-инъекционной технологии.

В результате оснащения автомобиля МАЗ-5550С5 съемным оборудованием расширяется номенклатура выполняемых машиной задач:

1. Перевозка сыпучих и штучных грузов без использования съемного оборудования круглогодично;
2. Уборка улично-дорожной и дворовой сети от снега в зимнее время года за счет установки съемного переднего поворотного отвала.

3. Посыпка улично-дорожной и дворовой сети ПСС и реагентами в зимнее время года;
4. Текущий ремонт улично-дорожной и дворовой сети по методу струйно-инъекционной технологии в период с весны до осени.
5. Устройство многофункциональной машины приведено на рисунке 2.



Рис. 2. Многофункциональная машина на базе автомобиля МАЗ- 5550С5:  
 а) вид спереди; б) вид на плиту крепления отвала; в) вид сзади:  
 1 – передний поворотный отвал, 2 – плита, 3 – передняя поперечина,  
 4 – базовый автомобиль, 5 – болтовое соединение М12, 6 – оборудование  
 пескоразбрасывающее, 7 – самосвальная платформа

Передний поворотный отвал 1 крепится к плите 2, закрепленной на передней поперечине 3 рамы базового автомобиля 4 стандартными болтовыми соединениями М12 5 (всего 14 шт., по 7 с каждой стороны). Оборудование

пескоразбрасывающее 6 устанавливается на самосвальную платформу 7 базового автомобиля 4 и надежно крепится к ней посредством двух талрепов (на рисунке 2 не показаны).

Основные технические характеристики многофункциональной машины на базе автомобиля МАЗ-5550С5 приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные технические характеристики многофункциональной машины на базе автомобиля МАЗ-5550С5

Наименование параметра	Значение
Колесная формула/ведущие колеса	4x2/задние
Схема компоновки	кабина над двигателем, расположение двигателя – переднее продольное
Использование грузозачного пространства	самосвальная платформа с установленным бункером и пескоразбрасывающим оборудованием
Масса в снаряженном состоянии, кг	11400
Технически допустимая максимальная масса, кг	19000
База, мм	3600
Колея колес, мм	2040/1820
Двигатель (марка, тип)	ЯМЗ-53603, четырехтактный, дизельный, с турбонаддувом и промежуточным охлаждением наддувочного воздуха
-количество и расположение цилиндров	6, рядное
-рабочий объем цилиндров, см <sup>3</sup>	6650
-степень сжатия	15,1
-максимальная мощность, кВт	241
-максимальный крутящий момент, Нм	1275
Топливо	дизельное
Трансмиссия (тип)	механическая
Сцепление (тип)	однодисковое, сухое, фрикционное
Коробка передач (марка, тип)	ZF 9S1310N0, механическая, девятиступенчатая, с ручным управлением

Продолжение таблицы 1

Дополнительное оборудование	световая панель 1 шт., проблесковые маяки желтого цвета 2 шт., оборудование пескоразбрасывающее ДС-303 ОПС 8.05, отвал поворотный ОПП-3.6
Габаритные размеры, мм	
-длина	
при повернутом влево отвале:	8960
при повернутом вправо отвале:	9190
-ширина	
при повернутом влево отвале:	3300
при повернутом вправо отвале:	3050
-высота	3230
Сменное навесное оборудование	
Пескоразбрасывающее оборудование:	
Высота расположения диска от поверхности дороги, мм	от 250 до 500 включительно
Монтаж и демонтаж навесного оборудования	без использования грузоподъемных механизмов
Ширина распределения противогололедных реагентов, м	от 4 до 10 включительно
Максимальная скорость движения при распределении реагентов, км/ч	не менее 40
Ширина посыпки, м	от 2 до 10 включительно
Плотность распределения, г/м <sup>2</sup>	от 5 до 500 включительно
Частота вращения распределяющего диска, об/мин	50
Передний поворотный отвал:	
Рабочая ширина отвала, мм	3500
Высота крыла отвала, мм	800
Максимальный угол поворота отвала, градусов	от 35 до 50 включительно
Ширина снегоочистки, мм	не более 2600

Для КДМ периодически возникает необходимость передвигаться в сложных дорожных условиях при снежных заносах, гололеде. Повысить проходимость КДМ можно за счет полноприводного шасси. Однако комплектование базового шасси полноприводной трансмиссией механического типа с раздаточной коробкой, ведущим передним мостом и дополнительной карданной передачей увеличивает общую массу самосвала и повышает потребление топлива [4]. Немецкий концерн DaimlerTrucks разработал более оптимальный вариант для тех машин, которые лишь эпизодически оказываются на бездорожье: гидравлический вспомогательный привод [4]. Такой

привод в два с лишним раза легче механического, выполнен необслуживаемым и способен автоматически регулировать величину подаваемого к передним колесам крутящего момента в зависимости от условий движения. Кроме того, при превышении скорости в 30 км/ч, то есть когда дорожные условия улучшились, гидравлический привод самостоятельно отключает передний мост от трансмиссии. Активация гидравлического вспомогательного привода происходит лишь одним нажатием кнопки. В состав вспомогательного гидропривода входят соединенные посредством гидравлических линий насос высокого давления, передний мост с мотор-колесами, боковой охлаждающий модуль и блок управления клапанами, передающий постоянный объем жидкости из магистрали высокого давления в магистрали низкого давления (рисунок 3).

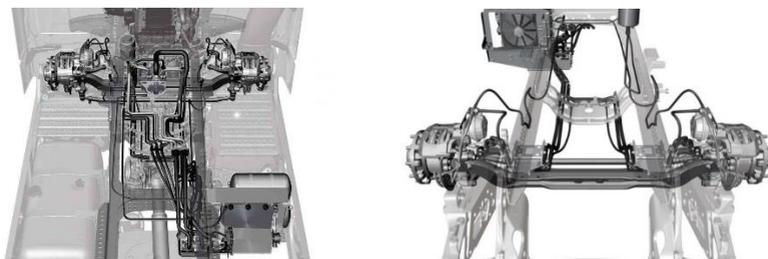


Рис. 3. Вспомогательный гидравлический привод автомобиля Mercedes-Benz Arocs HD

При эксплуатации КДМ также требуется учитывать климатические условия, оказывающие большое влияние на обеспечение безопасности дорожного движения. Основным фактором, влияющим на безопасность движения при взаимодействии колеса с дорожным покрытием, является коэффициент сцепления, зависящий от погодных условий, качества материала покрытия и эксплуатации автомобильной дороги [5]. Наиболее простым и эффективным является применение средств противоскольжения, которые можно задействовать автоматически или в ручном режиме при возникновении необходимости в преодолении сложного участка дороги, что уменьшит количество ДТП, время простоя транспорта. Предлагается оборудовать автомобиль МАЗ-5550С5 автоматическими цепями противоскольжения с отсекателем (рисунок 4).

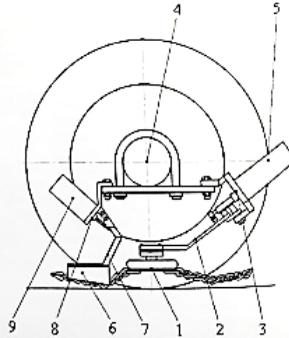


Рис. 4. Автоматические цепи противоскольжения с отсекателем:  
 1 – цепной шкив, 2 – поворотный рычаг, 3 – монтажная пластина,  
 4 – задняя ось автомобиля, 5 – корпус привода цепей, 6 – отсекатель  
 цепи, 7 – подвижный рычаг, 8 – монтажная пластина, 9 – корпус  
 привода отсекателя

Это устройство (рисунок 4) состоит из цепного шкива 1, закрепленного на поворотном рычаге 2, который шарнирно соединен с монтажной пластиной 3, жестко закрепленной на задней оси автомобиля 4. Электрический линейный привод расположен внутри корпуса привода цепей 5 и прикреплен к монтажной пластине 3. Отсекатель цепи 6 закреплен на подвижном рычаге 7, который шарнирно соединен с монтажной пластиной 8, жестко закрепленной на оси автомобиля 4, и приводится в действие с помощью электрического линейного привода, расположенного в корпусе отсекателя 9 [5]. Работает устройство следующим образом. Цепной шкив закреплен на первом рычаге, который шарнирно соединен с монтажной пластиной, жестко закрепленной на задней оси автомобиля, приводится в действие электрическим линейным приводом. При включении привода устройства рычаг смещается из сложенного положения относительно монтажной пластины в направлении выпрямления, которое приводит шкив в контакт с колесом автомобиля. Перед приведением в действие электрического линейного привода для возвращения рычага в начальное положение с помощью электрического линейного привода приводится в действие отсекатель цепи, предотвращающий попадание последующих цепей под колесо, при этом цепной шкив свободно возвращается в нерабочее положение, а затем и сам отсекатель перемещается в нерабочее положение [5].

Для дорожных условий, на которых не выполняется условие проходимости с цепями противоскольжения, требуются другие технические решения, увеличивающие значение коэффициента сцепления, обеспечение привода всех колес, т. е. коэффициент нагрузки колес равен единице. Ощутимый эффект повышения проходимости наблюдается лишь при глубине снега

до 0,5 Rk (Rk - радиуса колеса), при этом происходят повышение тягово-сцепных свойств машины (сила тяги увеличивается в среднем на 30 %) и незначительный рост сопротивления движению (сила сопротивления возрастает на 10–15 %) [6].

Быстро устанавливаются на неподвижные колеса и также быстро могут быть демонтированы после преодоления сложного скользкого участка дороги или подъема аварийные сегментные цепи Pwagservino (рисунок 5). Модель цепи типа А универсальная и рассчитана на размеры шин: 10.00 R20 – 315/80 R22.5 [6].



Рис. 5. Аварийные сегментные цепи Pwagservino

Существует проблема устойчивости автомобиля-самосвала при разгрузке. Главным признаком потери устойчивости является опрокидывание. Под поперечной устойчивостью понимают способность автомобиля сохранять контакт всех колес с полотном дороги. В большинстве случаев опрокидывание автомобиля в поперечной плоскости возникает [7]:

- при движении на высокой скорости на крутых поворотах;
- вследствие резкого прекращения бокового заноса при наезде задним колесом на какое-либо препятствие;
- при неравномерном расположении груза в кузове автомобиля или его перемещении на повороте и др.

Все вышесказанное в полной мере относится к автомобилям-самосвалам. Кроме того, для данного класса машин существует опасность потери устойчивости автомобиля в процессе его разгрузки.

Опыт эксплуатации показывает, что при разгрузке самосвалов на подготовленных ровных площадках не происходит отрыва колес от полотна дороги. Опрокидывание автомобиля чаще всего происходит при разгрузке на наклонных площадках. Причем площадки разгрузки могут иметь как продольный, так и поперечный уклон. В этой связи основной задачей при расчете устойчивости автомобиля в таких случаях является определение предельно допустимого угла наклона площадки разгрузки, а также нагрузок, действующих на несущую систему автомобиля [7].

Для обеспечения безопасного движения колесной машины необходимо, чтобы в ее конструкцию были заложены параметры, не допускающие ее опрокидывания до наступления бокового скольжения, так как опрокидывание приводит к более тяжелым последствиям [8].

Для сокращения парка узкоспециализированной техники и финансовых затрат на их содержание целесообразно оснастить многофункциональную машину фронтальной щеткой, щеткой для мойки барьерных ограждений, тротуарной щеткой.

Чтобы обеспечить безопасную эксплуатацию такой машины необходимо выполнить расчет на устойчивость для разных вариантов установки съемным рабочим оборудованием.

### Литература

1. Коммунальные машины. Конструкция. Расчет. Потребительские свойства : учеб, пособие / [В.И. Баловнев и др.] ; под общ.ред. В.И. Баловнева, С.Н. Иванченко. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2019.– 384 с.
2. Вавилов А.В. Машины по содержанию и ремонту автомобильных дорог и аэродромов: Вавилов А.В., Щемелев А.М., Бочкарев Д.И., Гатальский Л.А., Купченко А.И. Минск: БНТУ, 2003. – 408 с.
3. Обзоркомбинированных дорожных машин / журнал «Основные средства» / Д. Вишневецкий // журнал «Основные средства». – 2020. – № 3.
4. Манаров Н. Mercedes-Benz Arocs HD. Гидравлический момент // Спецтехника и коммерческий транспорт, 2015, № 5, с. 36–37.
5. Устройство для повышения проходимости грузовых автомобилей [Текст] / А. Н. Заикин [и др.] // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2019. – № 12. – С. 22–25.
6. Бобровник А.И. Повышение проходимости автомобиля МАЗ сельскохозяйственной модификации // Наука и техника. 2014; № 4: С. 71–62.
7. Барышников Ю.Н. Устойчивость автомобиля-самосвала при разгрузке. Машины и установки: проектирование, разработка и эксплуатация// Машины и Установки: проектирование, разработка и эксплуатация. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2015. № 03. С. 51–61.
8. Мамити Г.И., Плиев С.Х. Формирование оптимальной устойчивости колесной машины на стадии проектирования // Вестник машиностроения, 2009, № 2, с. 84–85.