

$$h_n = \frac{p_0}{k} \cdot \text{Arch} \left(\frac{n^B}{\sqrt{1 - \sigma^2 / p_0^2}} \right) \quad (6)$$

где B – коэффициент накопления повторных осадок сильно упрочняющей почвы.

Подставив вместо верхнего предела интегрирования h_n его значение, определяемое формулой (6) и с учетом того, что контактное напряжение σ равно давлению колеса на почву q , получим зависимость для определения силы сопротивления качения колесной ходовой системы:

$$F_{f_n} = B_k \cdot \frac{p_0^2}{k} \ln \frac{n^B}{\sqrt{1 - q^2 / p_0^2}}. \quad (7)$$

Заключение

Анализ зависимости (7) показал, что при каждом последующем проходе колеса по следу снижается сопротивление качению. Увеличение числа осей ходовой системы почвообрабатывающего агрегата способствует уменьшению коэффициента сопротивления качению.

Литература

1. Кулен, А. Современная земледельческая механика / А. Кулен, Х. Куперс. Пер. с англ. А. Э. Габриэляна; Под редакцией Ю. А. Смирнова. - М.: Агропромиздат, 1986. - 349 с.
2. Орда, А. Н. Эколого-энергетические основы формирования машинно-тракторных агрегатов: дис. ... д-ра техн. наук: 05. 20. 03 / А. Н. Орда. – Минск, 1997. – 269 с.

УДК 629.35.01: 629.35.03

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПОЛНОПРИВОДНОГО АВТОМОБИЛЯ-САМОСВАЛА МАЗ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Ю.М. Жуковский, к.т.н., доцент, Ю.Д. Карпиевич д.т.н., доцент, А.В. Захаров, к.т.н., доцент, В.В. Михалков, ассистент
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»², г. Минск, Республика Беларусь

Введение

В связи с ростом объемов перевозимых в агропромышленном комплексе РБ грузов (в настоящее время эти объемы достигают многих десятков

миллионов тонн в год) и существенным сокращением и даже прекращением по многим позициям поставок автомобильной техники из республик бывшего Советского Союза, возникла необходимость ориентироваться в основном на использование отечественных автомобилей-самосвалов семейства МАЗ, которые наиболее доступны для наших сельхозпроизводителей по ценовому фактору, по возможностям существующей системы технического сервиса, имеют большую грузоподъемность.

Основная часть

В настоящее время среди автомобилей производства Минского автомобильного завода наиболее широкое применение в агропромышленном комплексе нашей республики нашли автомобили-самосвалы МАЗ-5516 (трехосный, грузоподъемность 19 т, колесная формула 6x4), МАЗ-5551 (двухосный, грузоподъемность 9 т, колесная формула 4x2) и их модификации.

Автомобили МАЗ серии 5000 разрабатывались для перевозки грузов по дорогам с твердым покрытием и грунтовыми дорогам хорошего качества и изначально не предназначались вследствие их высоких осевых нагрузок (до 13 тонн) для работы на сельскохозяйственных полях и угодьях. Эксплуатация этих автомобилей на агрофонах с низкой несущей способностью приводит либо к глубокому колееобразованию, либо к существенному недоиспользованию полной грузоподъемности автомобилей. Часто движение автомобилей на полях и лугах возможно только при их буксировке тракторами больших тяговых классов. Глубокое колееобразование и переуплотнение почв сельскохозяйственных угодий на значительных глубинах нарушает их структуру, затрудняет проведение последующих технологических работ на полях, способствует застою воды, вызывает повышенный расход топлива на передвижение автомобилей. Продуктивность участков полей с переуплотненной почвой значительно снижается. Возрастает опасность водной и ветровой эрозии, которая проявляется в виде размывающих водных потоков от атмосферных осадков и в виде пыльных бурь, происходит деградация почвы [1, 2, 3].

Особенности компоновки автомобилей обуславливают то обстоятельство, что, например, у самосвала МАЗ-5516 вертикальная нагрузка на колесо переднего моста при порожнем автомобиле лишь на 8% меньше, чем у полностью загруженного автомобиля (33,1 и 35,7 кН соответственно). Нагрузка на одно из колес задних мостов составляет 10,0 кН у порожнего автомобиля и 33,1 кН у полностью загруженного. Аналогичная картина имеет место и в отношении автомобиля МАЗ-5551. Эти автомобили оснащаются в заводской комплектации дорожными шинами Бел-116 с относительно малой шириной профиля и высоким внутренним давлением воздуха. Опыт эксплуатации названных автомобилей свидетельствует о том, что

вследствие высоких удельных нагрузок на опорную поверхность от колес, часто наблюдается потеря способности к их самостоятельному передвижению на переувлажненных и слабонесущих грунтах даже у ненагруженных автомобилей.

При изучении номенклатуры продукции, выпускаемой ОАО «МАЗ», было установлено, что для повышения эффективности эксплуатации автомобилей МАЗ в агропромышленном комплексе, наиболее целесообразно использовать в качестве базового автомобиль-самосвал модели МАЗ-651705 с последующей его модернизацией.

Этот автомобиль имеет колесную формулу 6х6, т. е. является полноприводным, его грузоподъемность 19 тонн (как и у автомобиля МАЗ-5516), он оборудован системой централизованного регулирования давления воздуха в шинах. На задних мостах применена односкатная ошиновка колёс. Дорожный просвет у автомобиля МАЗ-651705 равен 350 мм, в то время как у автомобиля МАЗ-5516 он составляет лишь 240 мм. При прочих равных условиях суммарная сила тяги на колесах полноприводного автомобиля будет существенно больше, чем у автомобиля МАЗ-5516 (в 1,84 раза у автомобиля снаряженной массы и в 1,29 раза у полностью загруженного автомобиля).

При одинаковых вертикальной нагрузке на шину и внутреннем давлении в ней удельные нагрузки на опорную поверхность у шины Бел-95 будут на 40 % меньше, чем у шины Бел-116.

При рассмотрении автомобиля МАЗ-651705 как базового, было проанализировано несколько вариантов его комплектования различными шинами, производимыми в РБ, и установлено, что оборудование автомобиля МАЗ-651705 колесами с шинами модели Бел-95 на переднем мосту и сдвоенными колесами с такими же шинами на задних мостах при одинаковых условиях снизит удельные нагрузки на грунт под всеми колёсами не менее чем на 40 % в сравнении с автомобилем МАЗ-5516 с шинами Бел-116. При этом варианте необходима проработка установки сдвоенных колес на задних мостах. Дорожный просвет автомобиля не изменится и могут быть использованы серийные колесные диски для шин Бел-95.

Реализации этого варианта исполнения без внесения существенных изменений в конструкции задних мостов и рамы базового автомобиля (а это уже в принципе создание нового автомобиля, разработка которого и постановка на производство занимает годы) приведёт к увеличению его ширины до 3590 мм (при осевом расстоянии между сдвоенными колёсами задних мостов равном 200 мм). Однако модернизированный автомобиль будет использоваться только на внутрихозяйственных перевозках. Известно, что уборочная техника (комбайны) и современные мощные тракторы (особенно при сдваивании и тем более при страивании их колес) имеют

ширину существенно превышающую регламентированную для дорожных транспортных средств. Однако эти машины при соблюдении соответствующих мер (включенные проблесковые маячки, установка соответствующих временных дорожных знаков и т.п.) передвигаются и по дорогам общего пользования. В Правилах дорожного движения Республики Беларусь [4] пункт 3 статьи 186, касающийся ширины транспортных средств, в последние годы несколько раз изменялся и дополнялся в сторону увеличения допустимой габаритной ширины. Учитывая то обстоятельство, что сельскохозяйственные земли в нашей стране являются общенациональным достоянием и вывоз с полей и лугов сельскохозяйственных грузов должен производиться при любых погодных условиях, получение разрешений от соответствующих инстанций на осуществление модернизированными автомобилями-самосвалами внутрихозяйственных перевозок не должно стать непреодолимой проблемой. С другой стороны, увеличение ширины автомобиля приведет к повышению его поперечной устойчивости (поперечная устойчивость базового автомобиля близка к предельно допустимой вследствие его высокого центра тяжести).

Цена автомобиля МАЗ-651705 ориентировочно на 35% выше, чем у автомобиля МАЗ-5516. С учетом модернизации ходовой части базового автомобиля, а также при возможном уменьшении его стоимости за счёт применения «малой» кабины (типа КН – короткая с низкой крышей, без спальных мест), отказа от автономного обогревателя и подогревателя двигателя и т.п. стоимость полноприводного автомобиля может быть снижена на 10 – 12%.

В БГАТУ разработан эскизный проект устройства для сдваивания колес задних мостов полноприводного автомобиля. По предварительной оценке стоимость комплекта деталей для такой модернизации при изготовлении оригинальных деталей в заводских условиях не превысит стоимости одной шины Бел-95. Время на переоборудование автомобиля в условиях мастерской при наличии соответствующих грузоподъемных приспособлений и механизированного слесарного инструмента будет составлять около двух часов. В зависимости от особенностей грунтов, на которых будет эксплуатироваться автомобиль со сдвоенными колёсами, расстояние между сдвоенными колесами может меняться путем изменения осевого размера наружной чашки.

Использование на модернизированном автомобиле системы централизованного регулирования давления в шинах и шин Бел-95 позволит снизить удельные нагрузки в пятнах контакта шин с грунтом до 2-х раз по сравнению с автомобилями МАЗ-5516 и МАЗ-5551 (у полностью загруженного модернизированного автомобиля вертикальная нагрузка на самые тяжело нагруженные шины не превышает 62% их грузоподъемности, что является предпосылкой соответствующего снижения внутреннего давле-

ния в них). Многие сельскохозяйственные грузы имеют относительно невысокую плотность (зерновые – 500 – 800 кг/м³, силос, сенаж – 400 – 800 кг/м³, корнеплоды – 600 – 650 кг/м³, торф – 500 – 600 кг/м³). Поэтому для более полного использования потенциально возможной грузоподъемности автомобиля его целесообразно оборудовать грузовой платформой большего объема (как вариант – применение надставных бортов на серийной грузовой платформе может увеличить её объем до 22 м³). В этом случае увеличенная ширина (по колесам задних мостов) будет способствовать повышению поперечной устойчивости автомобиля. Для ещё большего увеличения объёма грузовой платформы (до 30 м³, что соответствует требованиям Министерства СХиП РБ для сельскохозяйственной модификации автомобиля-самосвала грузоподъёмностью около 20 т) можно увеличить длину её основания на 1740 мм, причем при установке кабины типа КН длину платформы можно увеличить на 1020 мм вперед и на 720 мм назад. При этом габаритная длина модернизированного автомобиля окажется равной 8830 мм, что на 1045 мм меньше, чем у автомобиля МАЗ-5516 (9875 мм). Если же у модернизированного полноприводного автомобиля сохранить такую же габаритную длину, как и у автомобиля МАЗ-5516, то при объёме грузовой платформы 30 м³, можно уменьшить погрузочную высоту на 310 мм (до 3290 мм).

Основные характеристики модернизированного автомобиля с объёмом грузовой платформы 30 м³ показаны на рисунке.

Модернизированный автомобиль может быть загружен в агропромышленном комплексе Республики Беларусь практически круглогодично. Летом – кормозаготовки и перевозки зерна от комбайнов, осенью – работы по уборке кукурузы, картофеля и корнеплодов, зимой и в ранневесенний период – вывозка на поля органических удобрений и т. д.

Шасси модернизированного автомобиля может быть также использовано для установки специального технологического оборудования (для известкования почв, внесения минеральных удобрений, проведения химических обработок и т.д.).

Заключение

Использование автомобилей-самосвалов МАЗ серии 5000 приводит на переувлажненных и слабонесущих грунтах к переуплотнению почв на значительных глубинах, к глубокому колееобразованию и часто к потере проходимости, что обусловлено большими удельными нагрузками в пятнах контакта шин с опорной поверхностью и недостаточными тяговыми качествами автомобилей с колесными формулами 6x4 и 4x2.

Перспективный автомобиль-самосвал для агропромышленного комплекса должен быть полноприводным, иметь централизованную систему регулирования давления воздуха в шинах и ходовую систему с уменьшенными удельными нагрузками шин на почву.

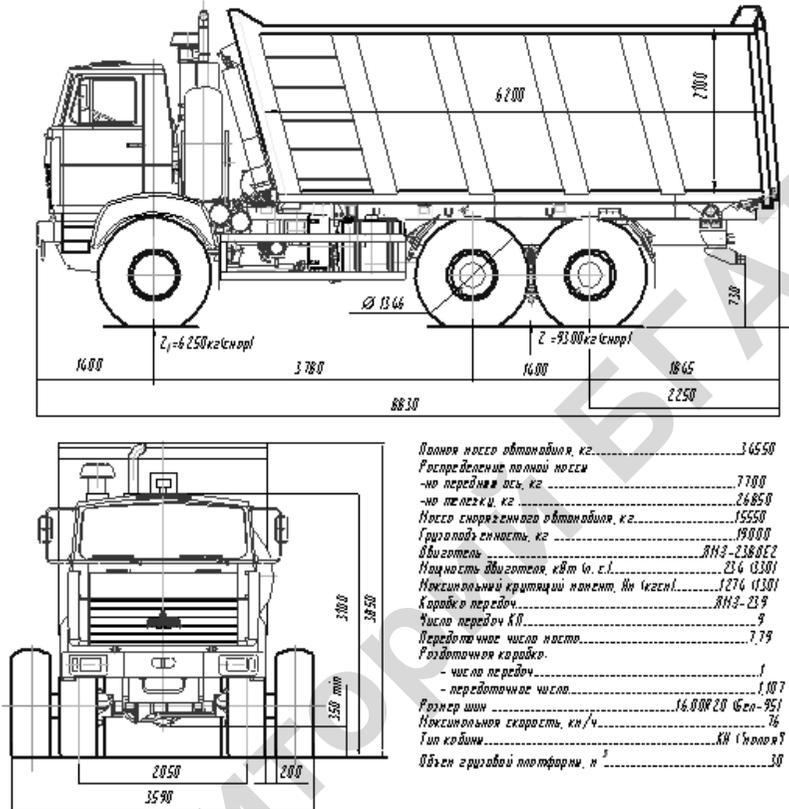


Рис. 1 – Основные характеристики модернизированного полноприводного автомобиля-самосвала

Объем грузовой платформы автомобиля-самосвала должен быть таким, чтобы реализовать его потенциально возможную грузоподъемность при плотности навалочного груза 500 – 600 кг/м³.

Уменьшение удельных нагрузок в пятнах контакта шин модернизированного автомобиля-самосвала с опорной поверхностью до двух раз по сравнению с широко применяемым в агропромышленном комплексе РБ автомобилем-самосвалом МАЗ-5516 позволит обеспечить его круглогодичное использование на транспортных работах в тяжелых дорожно-полевых условиях.

Шасси модернизированного полноприводного автомобиля-самосвала будет иметь высокую поперечную устойчивость. Оно может быть использовано для установки различного технологического оборудования сельскохозяйственного и иного назначения.

Время переоборудования базового автомобиля в сельскохозяйственную модификацию в условиях мастерской будет составлять около двух часов.

Литература

1. Материалы Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в мелиорации и сельскохозяйственном использовании мелиорированных земель». Минск, 15 – 17 сентября 2010 г. / Под ред. Н.К.Вахонина. РУП «Институт мелиорации НАН Беларуси» - Минск, 2010. - 244 с.

2. Национальная программа действий Республики Беларусь по борьбе с деградацией земель. Раздел «Устойчивое использование и восстановление деградированных торфяников». Минск, 2008.

3. Повышение агроэкологических качеств движителей колесных тракторов / Бобровник А. И., Жуковский Ю. М., Варфоломеева Т. А. // Агропанорама. – 2011. – № 4. – С. 2-5.

4. Правила дорожного движения. Утверждены Указом Президента Республики Беларусь 28. 11. 2005. Изменения и дополнения внесены в 2006-2010 гг.

УДК 631. 43

ПОВЫШЕНИЕ ТЯГОВОГО КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ПРИМЕНЕНИЕМ МНОГООСНЫХ КОЛЕСНЫХ СИСТЕМ

**А.Н. Орда¹, д.т.н., профессор, В.А. Шкляревич¹, ст. преподаватель,
А.С. Воробей², к.т.н.**

¹УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,

г. Минск, Республика Беларусь

Введение

Основным критерием, характеризующим совершенство ходовых систем почвообрабатывающих агрегатов в ведущем режиме, является тяговый коэффициент полезного действия (КПД). При исследованиях процессов слеодообразования и уплотнения почвы надо стремиться так изменять параметры ходовой системы, чтобы это вело не только к снижению глубины следа, но и к улучшению тяговых свойств почвообрабатывающего агрегата, влияющих на значение тягового КПД.