

Балицкий В.А.

ВИБРОИНЕРЦИОННЫЕ ПРИВОДЫ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Рассмотрены конструктивно-технологические вопросы повышения тягово-цепных свойств мобильных машин.

Проведенные экспериментальные исследования согласуются с теоретическими положениями.

Предложенный метод увеличения усилия воздействия рабочего органа на грунт, основанный на когерентных свойствах возмущающих сил асимметричного вибратора суммарном силовом импульсном эффекте, обеспечивает возможность повышения в 2,5-3,5 раза номинальной силы тяги трактора.

Интенсификация рабочих процессов мобильных машин может осуществляться с помощью виброинерционных приводов. Это механизмы, в работе которых используются силы инерции. Эти механизмы условно можно разделить на три группы. В первой – силы инерции позволяют осуществить работу рабочего органа машины по симметричному циклу (рис. 1а), во второй – по асимметричному (рис. 1б), и в третьей – по пульсирующему (рис. 1в). Вибромеханизмы первой группы широко используются в различных отраслях техники. Ко второй группе можно отнести гусеничную машину с инерционно-импульсным приводом.

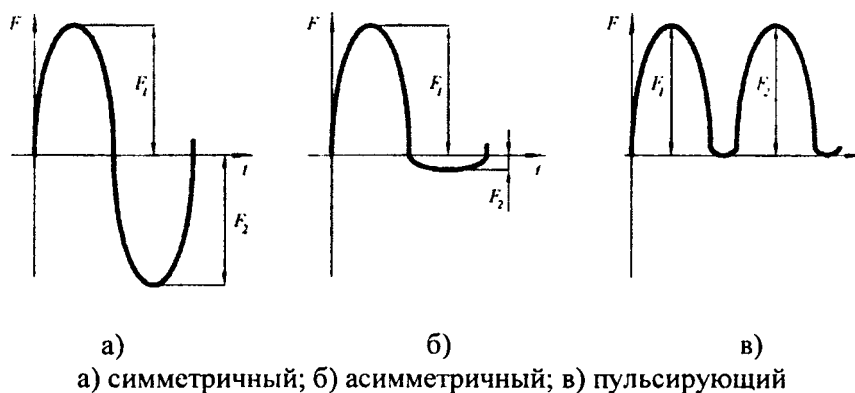
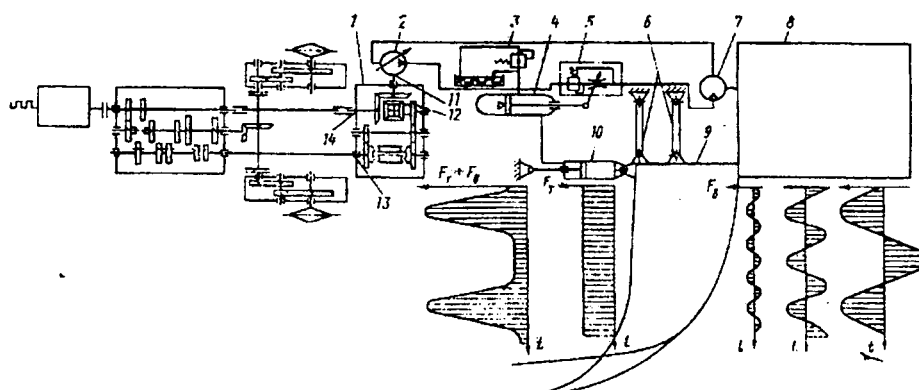


Рис. 1 – Графическое изображение циклов работы рабочего органа

Основной причиной, сдерживающей решение задачи повышения тяговых параметров и проходимости гусеничных землеройных машин, является невозможность на основе двухгусеничных ходовых систем обеспечить традиционными методами высокие тяговые усилия и проходимость машин. В связи с этим возникает проблема изыскания таких методов и принципов повышения усилия на рабочем органе землеройных машин, которые передавались бы на грунт минуя двигатель. Анализ различных методов обеспечения высоких тяговых усилий машин на грунтах с низкой способностью показал перспективность применения систем и устройств импульсного действия, основанных на когерентных свойствах возмущающих сил асимметричного вибратора и суммарном импульсном эффекте [1].

Землеройная машина импульсивного действия представляет собой трактор с навесным рабочим органом, воздействие которого на грунт интенсифицируется асимметричным вибратором, преобразующим мощность двигателя трактора в импульсно-тяговое воздействие рабочего органа на грунт. На тракторе установлен дифференциальный ходоуменьшитель; его водило соединено с валом отбора мощности, одна солнечная шестерня осуществляет привод ходовой системы трактора, вторая через насос и гидромотор – привод асимметричного вибратора. Рабочий орган (бульдозера,

кабелеукладчика, дренажника, рыхлителя и др.) связан с рамой трактора с помощью вертикального параллелограмма и гидроцилиндра, который одновременно служит амортизатором демпферной системы (рис.2).



1–дефференциальный ходоуменьшитель; 2–насос переменной производительности; 3– предохранительный клапан; 4–гидроаккумулятор; 5–дроссель с регулятором; 6–тяги параллелограммной подвески рабочего органа; 7–гидромотор привода вибратора; 8–асимметричный вибратор; 9–рабочий орган; 10–гидроцилиндр связи рабочего органа с трактором; 11–вал насоса; 12 и 14–полуоси дифференциала; 13–вал привода бортреедукторов

Рис. 2 – Гидрокинематическая схема землеройной мелиоративной машины импульсного действия

Оригинальность конструкции инерционно-тягового привода заключается в обеспечении совместного действия на грунт через рабочий орган возмущающей силы вибровозбудителя и силы тяга тягача, это повышает эффективность перемещения всей машины.

Демпферная система состоит из гидросистемы привода вибровозбудителя, а между центральной передачей и валом привода бортреедукторов в заднем мосту установлен дифференциал, одна полуось которого кинематически связана с валом привода бортреедукторов, а другая – с валом гидронасоса, смонтированного на корпусе заднего моста. При этом амортизатор размещён горизонтально и выполнен в виде гидроцилиндра, одна из полостей которого соединена с гидроаккумулятором, который размещён на прицепной раме и соединён с одной стороны с гидронасосом, а с другой – через дроссель с гидромотором. В этом случае силы трения между опорным элементом машин и поверхностью движения "гасят" импульс сил инерции и движения назад не происходит.

Принцип работы рассматриваемой землеройно-мелиоративной машины сводится к следующему.

Возникающее при движении машины сопротивление заглублению рабочего органа в грунт

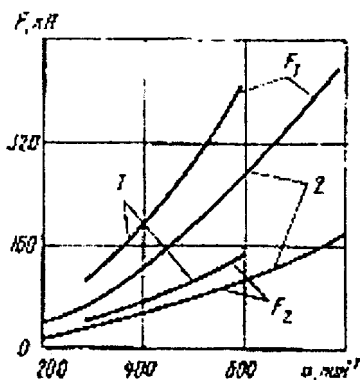


Рис. 3 – Зависимость импульсных сил F_1 и F_2 от частоты ν импульсов: 1–при $m=664,4$ кг; 2–при $m=425,7$ кг

приводит к возрастанию давления в штоковой полости гидроцилиндра до тех пор, пока оно не сравняется с давлением рабочей жидкости в соединенном с ним гидроаккумуляторе, рабочий орган при этом отодвигается в заднее положение. Одновременно возрастает сопротивление вращению полуоси 14 дифференциала и как только оно превысит сопротивление, создаваемое на валу насоса давлением в гидроаккумуляторе, начнут вращаться полуось 12 дифференциала и вал 11 насоса. По мере повышения угловой скорости вала 11 угловая скорость вала 13 снижается и, следовательно, машина движется медленнее. Насос, подавая рабочую жидкость в гидроаккумулятор, повышает его давление, вследствие чего возрастают крутящие моменты на валу 11 насоса и валу 13 привода бортреедукторов, что приводит к увеличению тягового усилия машины. В это же время поршень гидроаккумулятора 4 под давлением поступающей в него рабочей жидкости открывает кинематический связанным с

ним регулятором проходное сечение дросселя, и поток рабочей жидкости начинает поступать к гидромотору привода вибратора.

Асимметричные силовые импульсы, передаваемые вибратором рабочему органу, действуют вдоль оси машины. Причем силовой импульс с большей возмущающей силой F_1 действует в направлении движения машины (активный силовой импульс), а с меньшей F_2 – в обратном направлении (реактивный силовой импульс). Под действием силового импульса F_1 рабочий орган, отжатый в крайнее заднее положение, начинает, преодолевая сопротивление грунта, перемещаться вперед; при этом объем штоковой полости гидроцилиндра, куда рабочая жидкость поступает из гидроаккумулятора, возрастает на величину, соответствующую амплитуде колебания. Так как машина продолжает движение вперед, то развиваемое ею тяговое усилие через рабочую жидкость, находящуюся под давлением в штоковой полости гидроцилиндра, передается, суммируясь с активным силовым импульсом, на рабочий орган, помогая ему преодолеть сопротивление грунта. Этим создается возможность дополнительного к тяговому усилию машины значительного увеличения усилия воздействия рабочего органа на грунт. Уменьшение объема штоковой полости гидроцилиндра на величину, соответствующую расстоянию, которое пройдет машина за время действия реактивного силового импульса, обеспечивает восстановление первоначальной кинематики взаимодействия рабочего органа с грунтом.

Для безостановочного движения машины должно быть соблюдено условие $F_2 < P$, где P – суммарная сила сопротивления движению машины. При этом условии рабочий орган под действием реактивного силового импульса не будет при движении машины отжиматься в заднее положение, а машина будет продолжать перемещаться вперед.

Исследования проведены на экспериментальном образце машины импульсного действия с дренажным рабочим органом, созданной на базе гусеничного трактора.

Возмущающая сила вибратора:

$$F_{1B} = m_1 \cdot w_{1B}^2 \cdot e_1 + m_2 \cdot w_{2B}^2 \cdot e_2 + m_3 \cdot w_{3B}^2 \cdot e_3, \quad (1)$$

где m, w_B, e – эксцентрично вращающаяся масса, ее угловая скорость и эксцентриситет (индексы 1, 2, 3 относят величины к первой, второй и третьей парам валов вибратора). Учитывая, что для вибратора данной машины принято

$$w_{2B} = 2w_{1B} \text{ и } w_{3B} = 2w_{1B},$$

получим:

$$F_{1B} = w_{1B}^2 \cdot (m_1 \cdot e_1 + 4m_2 \cdot e_2 + 9m_3 \cdot e_3) \quad (2)$$

При экспериментах значения вращающихся масс и эксцентриситетов изменялись, угловые скорости оставались постоянными.

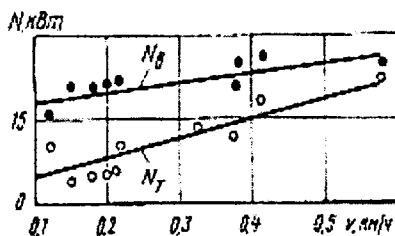


Рис. 4 – Зависимость мощности, расходуемой трактором N_T и вибратором N_B от рабочей скорости v машины (при $m=664,4$ кг)

Экспериментальные исследования, проведённые на суглинистом грунте показали, что вибратор создает силу F_1 , достигающую 260 кН, при $F_2 = 85-90$ кН (рис.3). С учетом силы тяги F_T трактора импульсная сила достигает 360–380 кН, что более чем в 3,5 раза превышает тяговое усилие гусеничного трактора. Степень увеличения усилия на рабочем органе импульсного действия характеризуется отношением F_1 / F_2 .

Зависимости мощности, расходуемой трактором N_T и вибратором N_B от рабочей скорости V машины, полученные при резании грунта дренажным ножом на глубину 1,4 м с дреном диаметром 200 мм (рис. 4), показывают, что с повышением V отношение N_T / N_B , возрастает. Так, если при $V = 0,2$ км/ч $N_T / N_B = 0,45$, то при $V = 0,5$ км/ч $N_T / N_B = 0,76$.

Зависимости мощности на привод асимметричного вибратора от частоты импульсов приведены на рис. 5.

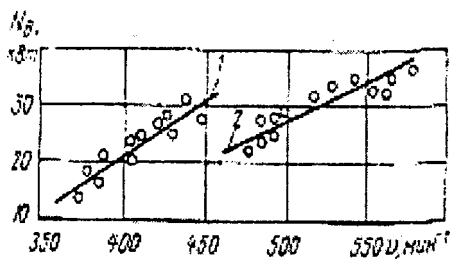


Рис. 5 – Зависимость мощности N_B , расходуемой на привод вибратора от частоты U импульсов при различных значениях m вращающейся массы: 1–при $m=664,4$ кг; 2–при $m=425,7$ кг

Землеройно-мелиоративные машины импульсного действия, требующие больших тяговых усилий, могут эффективно агрегатироваться с энергонасыщенными тракторами при этом с меньшей массой и, следовательно, с меньшим давлением на рабочий грунт, что важно для эксплуатации, особенно на заболоченных минеральных грунтах. Условный коэффициент сцепления таких машин может составлять 1,8-2 и более. Так, для экспериментальной машины массой 18,8 т с дренажным рабочим органом суммарная возмущающаяся сила составляет 360–380 кН.

Рабочая скорость машины импульсного действия, оборудованной гидравлическим дифференциальным ходоуменьшителем, может автоматически регулироваться в зависимости от сопротивления на рабочем органе. Если, например, сопротивление возрастает (вследствие увеличения прочности грунта или параметров резания), машина замедляет движение или даже может остановиться, так как сила, развиваемая вибратором при первоначальных условиях работы, оказывается недостаточной для преодоления повышенного сопротивления. В этом случае полуоси дифференциала вызывают пропорциональное увеличение частоты вращения вала насоса, вследствие чего увеличивается объем поступающей в гидрولينию рабочей жидкости. Это приводит к повышению давления масла в гидроаккумуляторе и, как результат, к повышению частоты вращения гидромотора привода вибратора и возрастанию возмущающей силы F_1 , до тех пор, пока она не станет достаточной для преодоления повышенного сопротивления.

Расчёт экономической эффективности ряда машин импульсного действия на базе гусеничных тракторов показал перспективность их разработки и использования на тех технологических процессах, где требуются высокие тяговые усилия [2, 3, 4].

Выводы: 1) Предложенный метод увеличения усилия воздействия рабочего органа на грунт, основанный на когерентных свойствах возмущающих сил асимметричного вибратора суммарном силовом импульсном эффекте, обеспечивает возможность превышения в 2,5-3,5 раза номинальной силы тяги трактора независимо от несущей способности грунта. 2) Разработка техники импульсного действия требует проведения широких экспериментально-теоретических исследований применительно к машинам различного назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балицкий В.А. К обоснованию тягово-инерционного привода колёсно-гусеничных машин // Автотракторостроение. – 1980. – №14. – С 56–60.
2. Балицкий В.А. Автоматическое регулирование тягово-скоростным режимом работы почвообрабатывающих машинно-тракторных агрегатов // Автотракторостроение. – 1981. – №16. – С 76–78.
3. Кацыгин В.В. Пецко А.Я. Балицкий В.А. и др. а.с. 542797 Землеройная машина. // БИ. – 1977. – №2.
4. Кацыгин В.В. Пецко А.Я. Балицкий В.А. и др. Землеройно-мелиоративная машина. // БИ. – 1978. – №24.