

- горизонтальный гексапод с регулируемыми по длине штангами и др.
- Применение унифицированных узлов (шарниров, штанг, мотор-шпинделей, многокоординатных шпиндельных головок и столов) значительно упрощает производство таких станков.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://robotool.ifw.uni-hannover.de>.
2. www.parallemic.org.
3. Stewart D. A. A platform with six degree of freedom//Proc. Inst. Mech. Eng. 1965/1966. Vol. 180, pt 1, N 15. P. 371-386.
4. Афонин В.Л. Предпосылки к проектированию машин нового поколения для обработки сложных поверхностей // Приложение. Справочник. Инженерный журнал. 2005, № 8. - С. 1 - 23.
5. www.galika.ru.
6. Rainer Nestler, Jan Konvichka, Frank Wieland. Linear drive: Patent United State of America N0 US 6,285,098 B1. Sep. 4, 2001.

УДК 626.86002.51:62.868.001.4

Балицкий В.А.

ЗЕМЛЕРОЙНО-МЕЛИОРАТИВНАЯ МАШИНА С ИНЕРЦИОННО-ИМПУЛЬСНЫМ ПРИВОДОМ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Создание отвечающих современным требованиям землеройно-мелиоративных машин предполагает резкое повышение их технико-экономических показателей, в том числе тяговых и мощностных параметров и проходимости на слабых грунтах – обеспечение высоких тяговых усилий (250-300 кН и более) позволяет во многих случаях разрабатывать на основании новых технологических и конструктивных принципов землеройно-мелиоративные машины, характеризующиеся по сравнению с известными машинами аналогичного назначения существенно большей производительностью при меньшей удельной энерго- и металлоемкости. Однако применяемые до сих пор в осушительной мелиорации тракторы, включая их болотные модификации (Т-130Б), не удовлетворяют современным требованиям ни по тяговым усилиям и мощности, ни по проходимости.

Основной причиной, сдерживающей решение задачи повышения тяговых параметров и

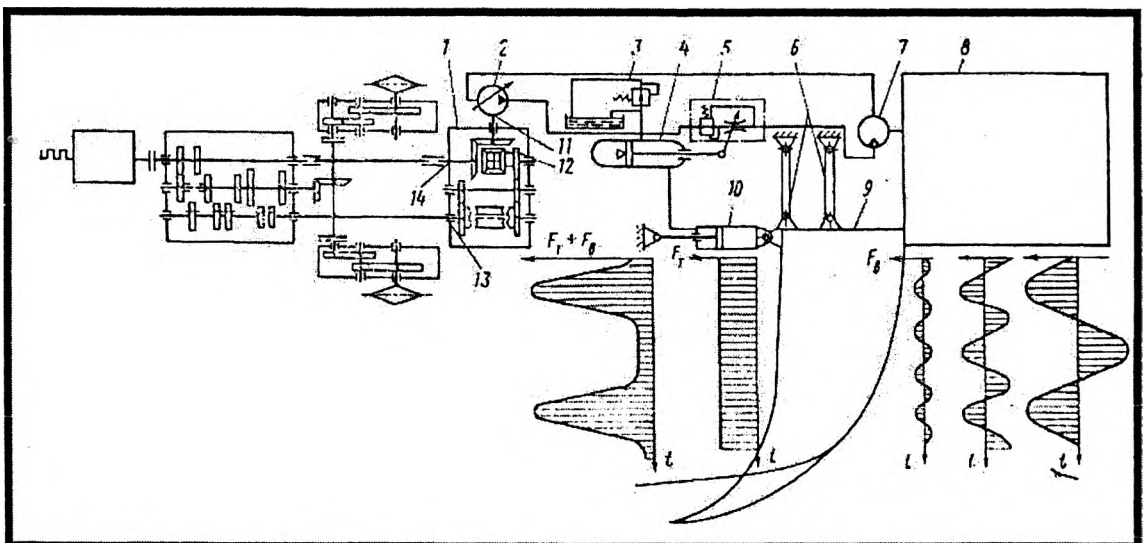


Рис.1 Гидрокинематическая схема землеройно-мелиоративной машины импульсного действия: 1-дифференциальный ходоуменьшитель; 2-насос переменной производительности; 3-предохранительный клапан; 4-гидроаккумулятор; 5-дрозель с регулятором; 6-тяги параллелограммной подвески рабочего органа; 7-гидромотор привода 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 бортрудукторов

проходимости землеройно-мелиотивных машин, является невозможность на основе двухгусеничных ходовых систем обеспечить традиционными методами высокие тяговые усилия и проходимость машин на неосушенных болотно-торфяных и заболоченных минеральных грунтах. В связи с этим возникает проблема изыскания таких методов и принципов повышения усилия на рабочем органе землеройно-мелиоративной машины, которые передавались бы 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.

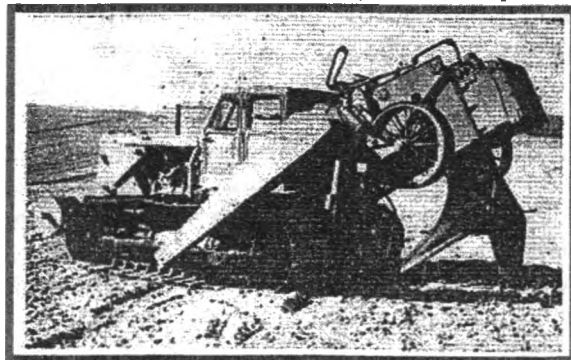


Рис. 2. Машина импульсного действия с дренажным ножом на базе трактора Т-100Б

Землеройно-мелиоративная 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 (рис. 1); 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, дренаукладчика, каналокопателя, рыхлителя и др.) связан с рамой трактора с помощью вертикального параллелограмма и гидроцилиндра 10, который одновременно служит амортизатором демпферной системы.

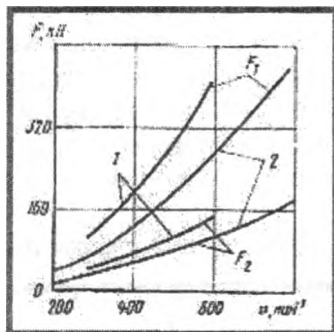


Рис.3. Зависимость импульсных сил F_1 и F_2 от частоты ν импульсов: 1-при $m=664,4$ кг; 2-при $m=425,7$ кг

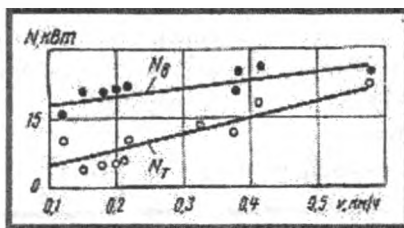


Рис.4. Зависимость мощности, расходуемой трактором N_t и вибратором N_v от рабочей скорости v машины (при $m=664,4$ кг)

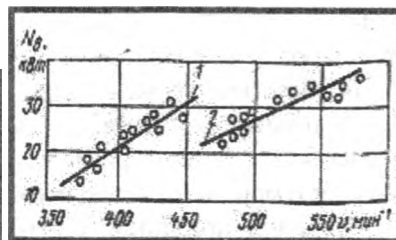


Рис.5. Зависимость мощности N_v , расходуемой на привод вибратора от частоты ν импульсов при различных значениях m вращающейся массы: 1-при $m=664,4$ кг; 2-при $m=425,7$ кг

Принцип работы рассматриваемой землеройно-мелиоративной машины сводится к следующему.

Возникающее при движении машины сопротивление заглублению рабочего органа в грунт 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 бортредукторов, 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, передаётся, 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.

Рассмотрим результаты исследования, проведенного на экспериментальном образце машины импульсного действия с дренажным рабочим органом, созданной на базе трактора Т-100Б (рис. 2)

Возмущающая сила вибратора

$$F_{1в} = m_1 w_1^2 e_1 + m_2 w_2^2 e_2 + m_3 w_3^2 e_3,$$

где m , w , 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 (см. рис. 1) принято

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

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

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

Экспериментальные исследования, проведенные на суглинистом грунте ($C = 9-11$) 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 трактора Т-100Б. Степень увеличения усилия на рабочем органе импульсного действия характеризуется отношением F_1 / F_2 .

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

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

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 неосушенных болотах и 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 возмущающая 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, оказывает

недостаточной для преодоления повышенного сопротивления; В этом случае полуоси дифференциала вызывают пропорциональное увеличение частоты вращения вала насоса, вследствие чего увеличивается объем поступающей в гидрелинию 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 трактора Т-130Б показал перспективность их разработки и использования на тех технологически процессах, где требуются высокие тяговые усилия.

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.

УДК 621.825

Николаенко В.Л., Николаев В.А.

РАСЧЕТ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Точность срабатывания предохранительных устройств достигается путем введения обратной связи между величиной передаваемого крутящего момента и усилием, в результате действия которого возникает момент трения. С целью упростить механизм обратной связи с сохранением данной зависимости следует применять предохранительные устройства с упругой обратной связью (рис.1).

Муфта содержит корпус I, закрепленный на конце ведущего вала, и ведомую втулку 2, свободно сидящую на втулке корпуса I, которая через пакет фрикционных дисков соединена с нажимным диском 3. Наклонно стоящие в поперечном сечении нажимные элементы 4, выполненные в виде стержней круглого сечения, одним концом вставлены в глухие отверстия нажимного диска 3, а другим - в аналогичные отверстия корпуса I. Ведущие концы нажимных элементов находятся впереди ведомых по направлению вращения муфты и окружная сила отжимает стержневые пружины 4, уменьшая силу сжатия дисков. Таким образом, по мере возрастания передаваемого крутящего момента уменьшается сила, сжимающая диски, и по достижении предельного момента - диски проскальзывают.

Однако, это происходит, как описано выше, только в том случае, если наклонные участки нажимных элементов в зажатом состоянии прямолинейны. Если они прямолинейны в свободном стоянии, то при зажатии принимают криволинейную форму, что дает увеличение податливости в окружном направлении. Это приводит к тому, что в начале перегрузки сила трения покоя удерживает диски в сцепленной состоянии до тех пор, пока выбирается податливость отжимных элементов; затем диски срываются и сила трения скольжения, меньшая, чем трения покоя, позволяет ведущим дискам проскочить вперед под действием силы упругости отжимных элементов, а ведомые диски в это время имеют возможность вернуться назад под действием упругости ведомого вала, поскольку момент трения упал. Затем диски сцепляются и процесс повторяется» снижая точность срабатывания муфты и нагружая весь привод и машину вибрационными динамическими нагрузками.

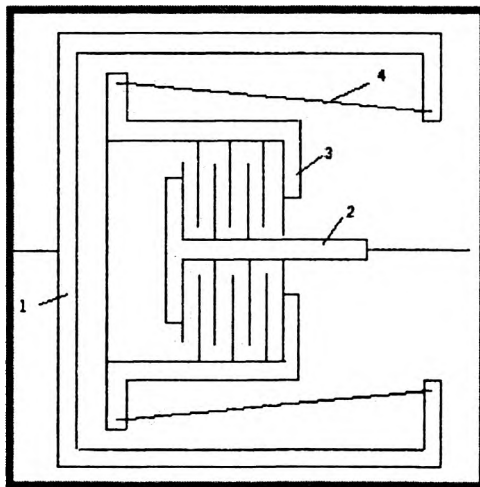


Рис.1. Фрикционная предохранительная муфта с упругой обратной связью