

УДК 631.3.072.31

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МГНОВЕННОГО ЦЕНТРА ВРАЩЕНИЯ
НАВЕСНОГО МЕХАНИЗМА ТРАКТОРА НА ЗАГЛУБЛЯЮЩУЮ
СПОСОБНОСТЬ ДИСКОВЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

Посметьев В.И., Зеликов В.А., Латышева М.А.

(ВГЛТА)

В лесном и сельском хозяйствах для основной и поверхностной обработки почвы традиционно широко применяются почвообрабатывающие орудия с дисковыми рабочими органами – плуги, бороны, культиваторы, покровосдиратели, лушильники и др. Такие орудия обладают повышенной проходимостью и надежностью при работе на лесных объектах, изобилующих различными препятствиями, а почва которых отличается большим разнообразием по твердости и насыщенности растительными включениями. Благодаря благоприятной сферической форме и наличию пружинных амортизаторов и предохранителей дисковые рабочие органы преодолевают неперерезаемые и не смещаемые препятствия путем перекачивания последних сверху или обходом сбоку [1].

В тоже время известным существенным недостатком дисковых орудий является слабая заглубляющая способность и устойчивый ход их рабочих органов на заданной глубине обработки. Вследствие указанных причин снижается качество обработки почвы, что вынуждает механизаторов проводить повторные проходы, а это соответственно ведет к неоправданному повышению трудозатрат и перерасходу топлива агрегируемым трактором [2].

Основными известными способами регулирования хода рабочих органов навесных почвообрабатывающих орудий на заданной глубине обработки являются: высотный, позиционный, силовой и комбинированный. Однако эти способы эффективны в основном для массивных навесных сельскохозяйственных почвообрабатывающих орудий, работающих в значительно более благоприят-

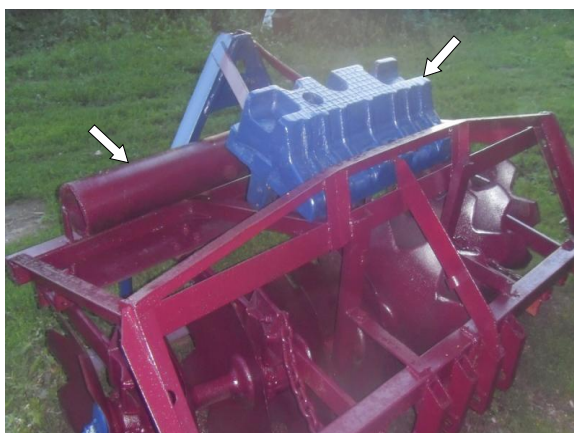
ных условиях и имеющих специальные конструктивные элементы в виде одного или нескольких опорных колес, лыж, подошв у рабочих органов и т. п. [3].

Более перспективным способом повышения заглубляемости дисковых рабочих органов является использование для этой цели принудительной вибрации. Результаты выполненной в ВГЛТА экспериментальной проверки на серийном лесном дисковом культиваторе КЛБ-1,7 подтвердили эффективность этого способа. Для принудительной вибрации рабочих органов были разработаны специальные конструкции гидромеханического и гидропульсаторного приводов [4]. Использование вибрации рабочих органов позволило не только повысить заглубляемость дисков, но и улучшить крошение и рыхление почвы, а также самоочищаемость рабочих органов от налипающей почвы и сорной растительности. При этом энергозатраты двигателя агрегируемого трактора на гидропривод вибрационного механизма полностью компенсировались за счет снижения на 20-25 % рабочего сопротивления орудия. Недостатками этого способа являются усложнение и удорожание конструкции орудия, а также необходимость постоянной работы гидросистемы агрегируемого трактора.

В настоящее время механизаторы для лучшей заглубляемости рабочих органов как лесных, так и сельскохозяйственных дисковых орудий, вынуждены догружать их дополнительными грузами в виде массивных металлических деталей, бетонных блоков, бревен, ящиков с песком и т. п. (рис. 1). Дополнительный груз устанавливают либо на общей раме орудия, либо индивидуально на каждой раме секций дисковых батарей [5].

Лесные почвообрабатывающие орудия, предназначенные для работы на вырубках, вследствие большого количества на последних крупных препятствий (пней, поверхностных и полузаглубленных корней, валунов, выходов скальных пород), не имеют опорных конструктивных элементов, относительно которых осуществляется регулировка рабочих органов на заданную глубину обработки почвы. Установка на лесных орудиях таких опорных элементов неизбежно при-

водило бы к частым поломкам как самих элементов, так и орудий в целом. Такие лесные орудия традиционно проектируют с учетом использования дополни-



а



б



в



г

Рисунок 1 – Повышение заглубляющей способности дисковых орудий с помощью закрепленных на их рамах и рабочих органах дополнительных грузов: *а* – массивных металлических деталей; *б* – бетонных блоков; *в* – бревна; *г* – ящиков с песком

тельных грузов, обеспечивающих регулирование глубины обработки рабочих органов. В качестве грузов используют доступные материалы – песок, камни и т. п., которые предусмотрительно размещают в закрепляемых на рамах орудий специальных ящиках, как например у культиватора КЛБ-1,7 (рис. 2, *г*), плугов ПЛД-1,2 и ПРН-40Д и других. В этой связи вопросы рационального подбора массы и места размещения на дисковом орудии дополнительного груза приобретают важное значение, так как недогруз и перегруз орудия одинаково отри-

цательно влияют на его эффективность.

При проектировании навесных безопорных дисковых орудий разработчики часто недооценивают влияние мгновенного центра вращения (МЦВ) звеньев механизма навески агрегируемого трактора на заглубляемость сферических дисковых рабочих органов в почву. Основная причина этого заключается в массовом использовании на сельскохозяйственных тракторах всей линейки тягового класса (от 0,6 до 8) серийных задних навесных устройств типоразмеров НУ-2, НУ-3 и НУ-4, параметры конструкции которых регламентируются ГОСТ 10677-2001 Устройство навесное заднее сельскохозяйственных тракторов классов 0,6-8. Типы, основные параметры и размеры. Однако этот стандарт не распространяется на навесные устройства тракторов специального назначения (п. 1 стандарта), включая лесохозяйственных [6]. Конструкции навесных устройств, выполненных с учетом требований этого стандарта, практически не позволяют изменять положение МЦВ звеньев устройства по высоте в необходимых пределах и ограничено лишь высотой от оси подвеса орудия до опорной поверхности трактора. Это не влияет на работу орудий с лемешными рабочими органами, для которых эти устройства в основном и рекомендованы стандартом. В тоже время эффективность работы навесных безопорных дисковых орудий существенно зависит от способности навесного устройства устанавливать МЦВ значительно ниже оси подвеса орудия и опорной плоскости трактора (поверхности обрабатываемой почвы).

С целью определения влияния положения МЦВ стандартного навесного механизма на величину дополнительного груза выполним расчет согласно схеме, представленной на рисунке 2 для лесного дискового культиватора КЛБ-1,7 в агрегате с колесным трактором «Белорус 82.1», оснащенный навесным механизмом типоразмера НУ-2, предназначенный для тракторов тягового класса 0,6-2. Для упрощения расчетов введем следующие основные допущения, существенно не влияющие на точность конечного результата: силы трения в шарнирах навесного механизма незначительны и ими пренебрегаем; силами, действующими

щими на орудие в поперечно-вертикальной плоскости в виду их малости не учитываем; положение высоты оси подвеса орудия m_o неизменно расположено на расстоянии 400 мм от опорной плоскости трактора, рекомендованном стандартом; движение агрегата считаем установившимся, равномерным и прямолинейным, а поверхность обрабатываемого культиватором рядка лесных культур ровной; физические и технологические свойства почвы на обрабатываемой культиватором вырубке неизменны; рабочее сопротивление культиватора и реакций на рабочих органах постоянны по величине; движение дисков на заданной глубине обработки принимаем стабильным.

Условие равновесия лесного дискового культиватора КЛБ-1,7 в вертикальной плоскости определим согласно [7] из уравнения моментов относительно оси передних концов нижних рычагов механизма навески трактора (оси подвеса орудия), т. е. точки O (рис. 2). Тогда с учетом равенства $P_x = R_x$ запишем

$$\sum M_o = G_H \cdot l_1 + G_{op} \cdot l_2 + G_z \cdot l_3 - R_z \cdot l_4 - P_z \cdot l_4 = 0. \quad (1)$$

$$G_z = (-G_H \cdot l_1 - G_{op} \cdot l_2 + R_z \cdot l_4 + P_z \cdot l_4) / l_3, \quad (2)$$

где G_z , G_H , G_{op} – соответственно силы веса дополнительного груза, навесного механизма и орудия, Н; R_z и P_z – вертикальные составляющие равнодействующих R_{xz} реакции почвы и силы тяги трактора P_{xz} , приведенные к оси O_1 дисковой батареи, Н; l_1 , l_2 , l_3 , l_4 – плечи действия сил, соответственно G_H , G_{op} , G_z , R_z и P_z , м; m_o – расстояние от оси подвеса O до опорной плоскости трактора, м; δ – условный угол тяги дискового орудия при рабочем положении навесного устройства, град.

Составляющие равнодействующей P_{xz} силы тяги трактора, в соответствии с расчетной схемой (рис. 2), можно определить из очевидных равенств $P_x = R_x$, и $P_z = P_x \cdot \operatorname{tg} \delta = P_x \cdot l_6 / l_5$. Здесь: R_x и P_x – горизонтальные составляющие

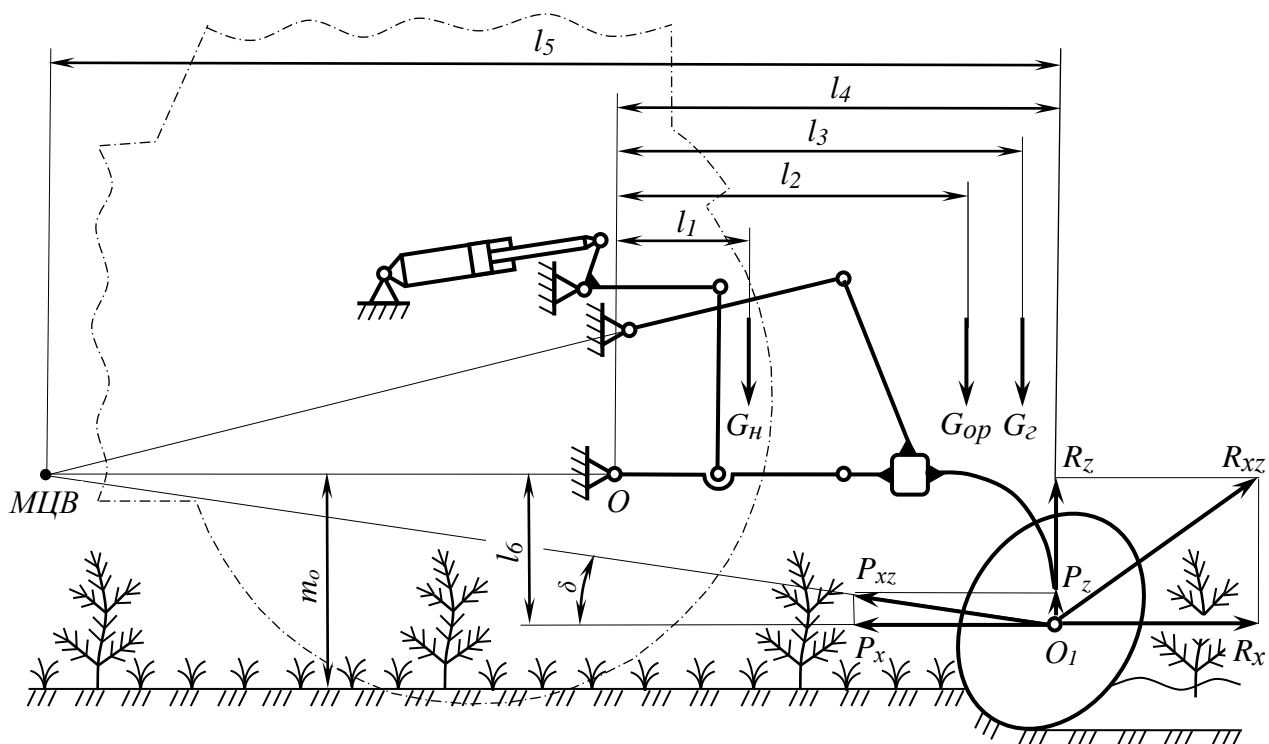


Рисунок 2 – Расчетная схема к определению величины дополнительного груза G_2 для лесного дискового культиватора КЛБ-1,7

равнодействующих R_{xz} реакции почвы и силы тяги трактора P_{xz} , приведенные к оси O_1 дисковой батареи; l_5 – расстояние между МЦВ и осью O_1 дисковой батареи, l_6 – расстояние между осями подвеса орудия O и дисковой батареи O_1 .

Согласно [8] для дисков диаметром 510 мм, угле атаки 15° и глубине обработки 6-10 см величину R_z рекомендуется принимать равным $R_z = 1,5R_x$. После подстановки выраженных через R_x реакций R_z и P_z в выражение (2) и простых преобразований получим окончательно формулу для приближенного определения величины дополнительного груза G_2 исследуемого культиватора

$$G_2 = [-G_n \cdot l_1 - G_{op} \cdot l_2 + R_x(1,5 \cdot l_4 + l_4 \cdot l_6/l_5)] / l_3. \quad (3)$$

С помощью полученного выражения (3) определим искомую величину G_2 для серийного культиватора КЛБ-1,7 на основе следующих исходных данных: $G_n = m_n \cdot g = 1200$ Н, $G_{op} = m_{op} \cdot g = 5250$ Н, где $m_n = 122$ и $m_{op} = 536$ кг – массы навесного устройства и орудия, $g = 9,8$ – ускорение свободного падения, м/с²; $l_1 = 0,44$ м, $l_2 = 1,23$ м; $l_3 = 1,45$ м; $l_4 = 1,53$ м; $l_5 = 4,88$ м; $l_6 = 0,4$ м. Величину R_x найдем из известного выражения [7]

$$R_x = K (B - em),$$

где K – удельное тяговое сопротивление орудия, Н/м; B – ширина захвата орудия, м; e – величина защитной зоны с каждой стороны рядка культур, м; m – число рядков культур.

Здесь величина K зависит от физических и технологических свойств почвы, включая ее твердость. Согласно различным литературным источникам [7, 8 и др.], для дисковых культиваторов, используемых при уходе за лесными культурами, величина K варьируется в пределах 2000-4000 Н/м при глубине обработки 6-10 см. Искомую величину G_2 определяем для трех следующих случаев, встречающихся при уходе дисковым культиватором за лесными культурами на вырубках: K равном минимальному, среднему и максимальному из возможных его значений, т. е. $K_1 = 2000$, $K_2 = 3000$ и $K_3 = 4000$ Н/м;

После подстановки в выражение (3) найденных сил, были получены следующие значения G_2 . При K_1 величина силы дополнительного груза составила $G_2 = -812$ Н, что соответствует по абсолютной величине массе груза $m_2 = G_2/g = 83$ кг. Аналогично при K_2 величины G_2 и m_2 составили соответственно 1190 Н и 121 кг, при K_3 – соответственно 3193 Н и 326 кг. Здесь отрицательный знак при силе G_2 дополнительного груза, полученного при K_1 , указывает на избыточную

величину суммарной массы культиватора и навесного устройства трактора.

Анализ полученных данных позволяет заключить следующее. Параметры конструкций серийного культиватора КЛБ-1,7 и стандартного навесного устройства трактора типоразмера НУ-2 при уходе за лесными культурами на вырубках с легкой группой почвы по механическому составу (песчаные и супеси, со слабыми задернелостью и порослью) обеспечивают нормальную работу орудия даже без использования дополнительного груза. При этом избыточная масса культиватора, равная 83 кг, в данном случае обеспечивает движение дисков на максимальной глубине 10-12 см. На почвах средней группы (суглинки, задернелые и с умеренной порослью) для обеспечения заданной глубины обработки 6-12 см необходимо догружать культиватор дополнительным грузом над дисковыми батареями (в балластных ящиках) суммарной массой не менее 121 кг. На почвах с тяжелой группой (глины, сильно засоренные сорной порослью) нормальный уход за лесными культурами возможен лишь при установке на культиватор дополнительного груза общей массой уже не менее 326 кг.

Следовательно, серийный культиватор КЛБ-1,7 может использоваться на вырубках с почвами легкой и средней групп по механическому составу, с умеренными задернелостью и насыщенностью сорной растительностью. При этом на вырубках, имеющих даже в пределах одного гона почвы с различными физическими и технологическими свойствами, обеспечить стабильность хода дисков на заданной глубине не представляется возможным. Тракторист не в состоянии своевременно и полноценно осуществлять соответствующую регулировку орудия с помощью изменения величины дополнительного груза. Вследствие указанных причин качество ухода за лесными культурами дисковыми культиваторами на вырубках все еще остается недостаточным. Кроме этого необходимость постоянно возить балласт (20-60 % от массы орудия) при работе на вырубках с почвами средней и тяжелой групп, снижает надежность и экономичность такого почвообрабатывающего агрегата.

Выполненный авторами углубленный анализ функционирования различных возможных вариантов конструктивного исполнения навесных устройств тракторов позволил предложить следующее решение обозначенной проблемы. С помощью разработанного механизма с гидроприводом, устанавливаемого между навесным устройством трактора и навешиваемым дисковым орудием, обеспечить при движении агрегата возможность регулирования в необходимых пределах положением МЦВ звеньев навесного устройства по вертикали. Это позволяет, в отличие от стандартных навесных устройств, изменять угол тяги δ орудия в широких пределах и тем самым управлять величиной вертикальной составляющей P_z силы тяги трактора (рис. 2). Таким образом отпадает надобность в дополнительном грузе, величину которого полностью компенсирует усилие P_z . Предлагаемая конструкция является дополнительным приспособлением к навесному устройству, легко устанавливается и снимается одним человеком, управляется с помощью штатного гидрораспределителя из кабины трактора при движении агрегата, не требует никаких доработок конструкций как навесного устройства трактора, так и присоединительного устройства (автосцепки) навешиваемого орудия. Механизм прост по конструкции и в обслуживании, а его изготовление под силу самим механизаторам в условиях ремонтных мастерских [9].

Предлагаемый способ повышения заглубляющей способности дисковых рабочих органов с помощью сервисного устройства коррекции положения МЦВ звеньев стандартного навесного устройства также применим и для других навесных дисковых лесных и сельскохозяйственных орудий. Использование предлагаемого устройства позволяет повысить эффективность дисковых орудий за счет увеличения надежности и качества их работы, а также топливной экономичности агрегируемого трактора.

Библиографический список

- 1 Посметьев, В. И. Методологические основы повышения эффективности

почвообрабатывающих орудий с помощью предохранителей [Текст] : монография / В. И. Посметьев ; Воронеж. гос. лесотехн. акад. – Воронеж, 1999. – 196 с.

2 Основные направления повышения эффективности лесных почвообрабатывающих агрегатов [Текст] / В. И. Посметьев, В. А. Зеликов, А. И. Третьяков, В. В. Посметьев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2013. – № 1 (36). – С. 70-79.

3 Посметьев, В. И. Состояние и пути решения проблемы заглубляемости сферических дисковых рабочих органов лесных почвообрабатывающих орудий [Электронный ресурс] / В. И. Посметьев, В. А. Зеликов, М. А. Латышева // Воронежский научно-технический вестник. – 2013. – № 3 (5). – С. 62-66. – Режим доступа : http://vestnikvglta.ucoz.ru/arhiv_nomerov/3_5_2013/8.pdf.

4 Посметьев, В. И. Повышение эксплуатационных свойств лесного дискового культиватора за счет принудительной вибрации его рабочих органов [Текст] / В. И. Посметьев, А. В. Лиференко, Е. В. Снятков // Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте : межвузовский сборник научных трудов ; ВГЛТА. – Воронеж, 2008. – Вып. 3. – С. 74-80.

5 Зеликов, В. А. Substantiation Based on Simulation Modeling of Hitch for Tillage Tools Parameters [Электронный ресурс] / V. A. Zelikov, V. I. Posmetiev, M. A. Latysheva // World Applied Sciences Journal. – 2014. – Vol. 30, № 4. – P. 486-492. – Режим доступа : <http://idosi.org/wasj/wasj30/284/2914/17.pdf>.

6 Зеликов, В. А. Методика моделирования механизмов навески лесных почвообрабатывающих орудий [Электронный ресурс] / В. А. Зеликов, В. И. Посметьев, М. А. Латышева, В. В. Посметьев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 84 (10). – С. 337-347. – Режим доступа : <http://ej.kubagro.ru/2012/10/pdf/27.pdf>.

7 Свиридов, Л. Т. Технологии, машины и оборудование в лесном хозяйстве: Учеб. пособие / Л. Т. Свиридов, В. И. Вершинин. – Воронеж : Воронеж.

гос. Лесотехн. акад., 2002. – 312 с.

8 Синеоков, Г. Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин [Текст] / Синеоков Г. Н., Панов И. М. – М., Машиностроение, 1977. – 339 с.

9 Посметьев, В. И. Обоснование выбора схемы устройства к навесному механизму трактора при его агрегатировании с дисковыми орудиями [Электронный ресурс] / В. И. Посметьев, В. А. Зеликов, М. А. Латышева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 94 (10). – С. 385-394. – Режим доступа : <http://ej.kubagro.ru/2013/10/pdf/49.pdf>.