

эффективности его использования. Проведенные исследования показывают, что при наработке между отказами  $W_{min} = 100$  моточасов, цена комбайна с учетом стоимости восстановления работоспособности в течение всего срока службы остается минимальной и повышение надежности до 120 моточасов представляется экономически целесообразным при стоимости отказа, превышающей 1749 долларов США.

### **Заключение**

В работе предложена методология расчета рациональных норм надежности зерноуборочного комбайна из условий экономической целесообразности их повышения с точек зрения производителя и потребителя продукции. С этой целью приведены расчетные зависимости вероятного числа отказов за время гарантийного периода эксплуатации и за полное время использования комбайна, а также зависимости оценок суммарных затрат на приобретение, восстановление работоспособности комбайна и связанные с его простоем потери.

Разработанная методология расчета рациональных норм надежности может быть использована при оценке рациональных норм надежности сельскохозяйственных машин различного назначения.

### **Литература**

1. AMSAA Reliability Growth guide / AMSAA Technical Report No. TR – 652:2000, 2000. - 160 p.
2. V.S. Taneja, F.M. Safie. An Overview of Reliability Growth Models and Their Potential Use for NASA Application / NASA Technical Paper 3309. 1992. – 23 p.
3. Reliability Growth Management: MIL-HDBK-189, 1981. – 149 p.
4. Солитерман Ю.Л. и др. Разработка методологии рациональных норм надежности зерноуборочных комбайнов / Ю.Л. Солитерман, А.М. Гоман, А.А. Дюжев, О.А. Баран // Механика-2007: сб.науч.тр. III Белорусского конгресса по теорет. и прикл. механике ОИМ НАН Беларуси, Минск, 16-18 окт. 2007 г./ ОИМ НАН Беларуси; под общ. ред. акад. М.С. Высоцкого. – Минск, 2007. – С.177-183.
5. D. Mortin, S. Yuhas. Reliability Growth Applications and Advancement // [Electronic resource]. – 2001. – Mode of access: <http://ndia.org/pdfs> 22, 2001. - 41 p.

УДК 629.113-587

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИВОДА ВЕДУЩИХ КОЛЕС НЕУПРАВЛЯЕМЫХ МОСТОВ ВНЕДОРОЖНОЙ КОЛЕСНОЙ МАШИНЫ**

**Высоцкий М.С., Амельченко П.А., Дубовик Д.А. (ГНУ «Объединенный институт  
машиностроения НАН Беларуси»)**

*Приводятся результаты исследований влияния разработанного дифференциала свободного хода с улучшенной характеристикой блокирующих свойств на тягово-скоростные свойства и управляемость многоприводной колесной машины.*

### **Введение**

В приводе ведущих колес сельскохозяйственных, как правило многоприводных колесных, машин для повышения проходимости и тягово-скоростных свойств широко используются самоблокирующие дифференциалы, среди которых наибольшее распространение получили дифференциалы повышенного трения и дифференциалы свободного хода [1]. Работа последних заключается в осуществлении заблокированного привода ведущих колес при прямолинейном движении и отключении внешнего по отношению к центру поворота (забегающего) колеса в момент изменения знака касательной

силы тяги на нем с положительного на отрицательный при криволинейном движении колесной машины или же движении по неровностям.

При прямолинейном движении колесной машины заблокированный дифференциал свободного хода вызывает перераспределение дополнительной касательной силы тяги от колеса с плохими дорожно-цепными условиями к колесу, находящемуся в лучших дорожно-цепных условиях. Это способствует увеличению общего тягового усилия колесной машины и, как следствие, реализации более высоких проходимости и тягово-скоростных свойств, чем у колесных машин с простым дифференциальным приводом ведущих колес.

При криволинейном движении колесной машины заблокированный дифференциал свободного хода перераспределяет дополнительную касательную силу тяги к внутреннему по отношению к центру поворота (отстающему) колесу. Причем, с увеличением кривизны траектории движения колесной машины касательная сила тяги на отстающем колесе возрастает, а на забегающем колесе уменьшается. При достижении определенного значения кривизны траектории касательная сила тяги на забегающем колесе становится равной нулю, и дифференциал отключает это колесо от привода к нему крутящего момента. С дальнейшим увеличением кривизны траектории привод крутящего момента осуществляется только к отстающему колесу. В результате касательные силы тяги колес ведущего моста с дифференциалом свободного хода создают в плоскости опорной поверхности момент сопротивления повороту, который возрастает с увеличением кривизны траектории и приводит к существенному снижению поворачиваемости и ухудшению управляемости колесной машины.

Таким образом, весьма актуальной задачей представляется разработка методов проектирования дифференциальных механизмов для привода ведущих мостов и колес, которые наряду с обеспечением высоких проходимости и тягово-скоростных свойств гарантировали бы колесной машине также высокий уровень управляемости.

В настоящей статье приводятся результаты исследований влияния разработанного дифференциала свободного хода с улучшенной характеристикой блокирующих свойств для проектирования привода ведущих колес неуправляемых мостов на тягово-скоростные свойства и управляемость многоприводной колесной машины.

### *Дифференциал свободного хода с улучшенной характеристикой блокирующих свойств*

В ходе проведенных авторами научно-исследовательских работ, выполненных по заданию 2.05 ГКПНИ "Механика", разработана конструктивная схема дифференциала свободного хода с улучшенной характеристикой блокирующих свойств, приведенная в работах [2, 3]. Улучшенная характеристика обеспечивается отключением при криволинейном движении колесной машины привода крутящего момента к отстающему колесу и приводом крутящего момента к забегающему колесу спроектированных на его основе ведущих мостов.

### *Влияние дифференциала на эксплуатационные свойства.*

С целью изучения влияния характеристики разработанного дифференциала свободного хода на тягово-скоростные свойства и управляемость внедорожных колесных машин проводились исследования криволинейного движения колесной машины, близкой по своим массовым, геометрическим и другим параметрам к параметрам внедорожной машины МЗКТ-79091 с колесной формулой 8x8 и шинами 1500×600-635.

Для проведения расчетных исследований составлялась математическая модель криволинейного движения колесной машины 8x8 на основе уравнений движения в форме Аппеля [4]. Моделирование движения осуществлялось на наиболее вероятной для движения внедорожных колесных машин грунтовой опорной поверхности (коэффициент сцепления колес с опорной поверхностью – 0,6; коэффициент сопротивления качению колес – 0,03) [5]

со скоростью 1 м/с.

Для сравнительной оценки эффективности разработанного дифференциала свободного хода осуществлялось моделирование движения четырех внедорожных машин с одинаковыми массовыми, геометрическими и другими параметрами, но различным приводом колес третьего и четвертого мостов. В машине 1 привод колес третьего и четвертого мостов моделировался механизмом блокированного привода (блокированный привод), в машине 2 – простым симметричным коническим дифференциалом (дифференциальный привод), в машине 3 – серийным дифференциалом свободного хода, устанавливаемым в третий и четвертый мосты выпускаемых в настоящее время машин производства Минского завода колесных тягачей, в машине 4 – разработанным дифференциалом свободного хода с улучшенной характеристикой блокирующих свойств.

1. Влияние дифференциала на тягово-скоростные свойства. Оценка влияния характеристики привода колес третьего и четвертого мостов на тягово-скоростные свойства осуществлялась с помощью коэффициента полезного действия ходовых систем колесных машин [6]:

$$\eta_{rs} = \frac{N_{k\alpha}}{N_k} = \frac{\sum_{i=1}^n (N_{kair} + N_{kail})}{\sum_{i=1}^n (N_{kir} + N_{kil})}, \quad (1)$$

где  $N_{k\alpha}$  – мощность, расходуемая ходовой системой на осуществление движения машины в направлении, задаваемом водителем поворотом рулевого колеса;  $N_k$  – мощность, передаваемая ходовой системе;  $N_{air}$  и  $N_{ail}$  – мощность, расходуемая соответственно левым и правым колесами  $i$ -го моста на осуществление движения машины в направлении, задаваемом водителем поворотом рулевого колеса (знаки  $r$  и  $l$  относятся соответственно к правому и левому колесу моста);  $N_{kir}$  и  $N_{kil}$  – мощность, подведенная соответственно к левому и правому колесу  $i$ -го моста;  $n$  – число ведущих мостов колесной машины.

При прямолинейном движении колесной машины оба дифференциала свободного хода обеспечивают блокированный привод приводимых ими ведущих колес и перераспределение крутящего момента от колеса с плохими дорожно-сцепными условиями к колесу, находящемуся в лучших дорожно-сцепных условиях. При этом значения коэффициента  $\eta_{rs}$  у машин 3 и 4 составляют 98...99 % и соответствуют значениям коэффициента  $\eta_{rs}$  у машины 1. Таким образом, ходовым системам машин 3 и 4 с приводом колес третьего и четвертого мостов дифференциалами свободного хода обеспечивается максимальная эффективность.

Результаты исследований влияния характеристики привода колес третьего и четвертого мостов на тягово-скоростные свойства при осуществлении криволинейного движения внедорожной машины МЗКТ-79091 представлены в виде зависимостей коэффициента полезного действия  $\eta_{rs}$  от среднего угла поворота управляемых колес первого моста на рис. 1.

Из рис. 1 следует, что машина 1 с блокированным приводом колес третьего и четвертого мостов имеет высокие значения показателя  $\eta_{rs}$  ходовой системы от 97 до 99 % только при малых значениях углов  $\alpha_1$  поворота управляемых колес первого моста: до 7 град. С увеличением кривизны траектории движения машины увеличивается величина мощности, циркулирующая в блокированном приводе колес, и значения коэффициента  $\eta_{rs}$  уменьшаются по зависимости, близкой к линейной. При максимальных углах поворота управляемых колес они составляют 71...80 %.

Выполненные исследования позволили установить, что снижение коэффициента полезного действия  $\eta_{rs}$  ходовой системы машины 1 в диапазоне значений углов поворота  $\alpha_1$

управляемых колес первого моста от 5 до 45 град с величиной достоверности аппроксимации  $R^2$ , равной 0,9988, описывается линейным уравнением следующего вида:

$$\eta_{rs} = -0,0068 \cdot \alpha_1 + 1,016.$$

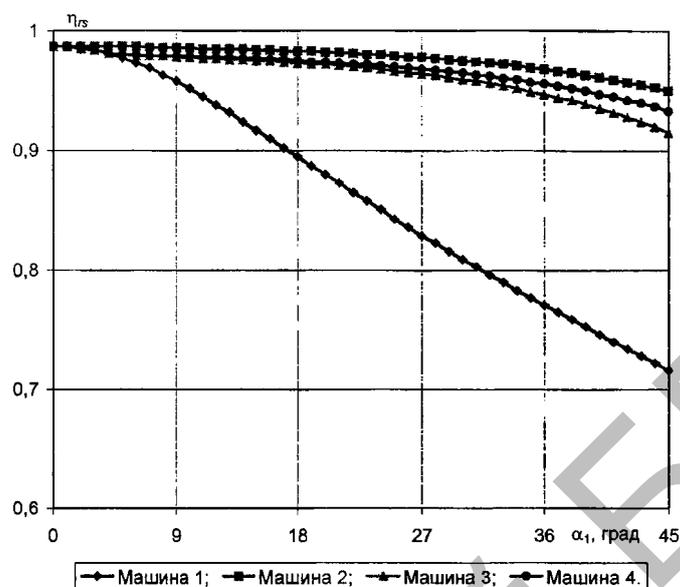


Рисунок 1 – Зависимость показателя  $\eta_{rs}$  внедорожной машины МЗКТ-79091 от среднего угла  $\alpha_1$  поворота управляемых колес

Значения показателя  $\eta_{rs}$  ходовой системы машины 2 с дифференциальным приводом колес третьего и четвертого мостов находятся в интервале значений от 95,1 до 98,7 % и объясняются моделированием стабильных дорожно-сцепных условий.

Изменение показателя  $\eta_{rs}$  ходовой системы машины 2 в зависимости от среднего угла поворота  $\alpha_1$  управляемых колес первых моста и с величиной достоверности аппроксимации  $R^2$ , равной 0,9923, описывается полиномиальной зависимостью второй степени:

$$\eta_{rs} = -0,00002 \cdot \alpha_1^2 + 0,0003 \cdot \alpha_1 + 0,9856.$$

В связи с тем, что дифференциалы свободного хода при прямолинейном движении обеспечивают заблокированный привод ведущих колес, коэффициенты полезного действия  $\eta_{rs}$  ходовой системы машин 3 и 4 и машины 1 при этом имеют одинаковые значения, а указанные машины – одинаковый уровень реализации тягово-скоростных свойств. Машины 3 и 4 имеют одинаковые с машиной 1 значения коэффициентов полезного действия  $\eta_{rs}$  ходовых систем и при криволинейном движении в диапазоне значений малых углов  $\alpha_1$  поворота управляемых колес (до 5 град): до изменения знака касательной силы тяги на забегающих колесах третьего и четвертого мостов с положительного на отрицательный.

С увеличением поворота управляемых колес первого моста на углы  $\alpha_1$  свыше 5 град серийный дифференциал свободного хода отключает привод крутящего момента к забегающему колесу и осуществляет привод крутящего момента только к отстающему колесу. В результате в машине 3 в отличие от машины 1 исключается циркуляция мощности в приводе колес третьего и четвертого мостов, и значения показателя  $\eta_{rs}$  ходовой системы машины 3 уменьшаются с 98 % при  $\alpha_1 = 5$  град только на 6,5 % до 91,5 % при  $\alpha_1 = 45$  град.

Выполненные исследования позволили установить, что снижение показателя  $\eta_{rs}$  ходовой системы машины 3 с распределением крутящего момента по колесам третьего и четвертого мостов серийным дифференциалом свободного хода с величиной достоверности аппроксимации  $R^2$ , равной 0,9936, описывается полиномиальной зависимостью второй степени:

$$\eta_{rs} = -0,00005 \cdot \alpha_1^2 + 0,0009 \cdot \alpha_1 + 0,9737.$$

Дифференциал свободного хода с улучшенной характеристикой блокирующих свойств отключает привод крутящего момента к отстающему колесу и осуществляет привод крутящего момента к забегающему колесу в момент отключения привода крутящего момента к забегающему колесу серийным дифференциалом свободного хода. Привод крутящего момента к забегающим колесам третьего и четвертого мостов позволяет уменьшить углы увода колес, силы сопротивления качению колес и в связи с этим общую силу сопротивления движению машины 4 по сравнению с машиной 3. В результате необходимые для движения общая касательная сила тяги и энергетические затраты у машины 4 меньше, а эффективность ее ходовой системы становится выше, чем у машины 3. Значения коэффициента  $\eta_{rs}$  ходовой системы машины 4 изменяются с 98 % при  $\alpha_1 = 5$  град до 93,3 % при  $\alpha_1 = 45$  град и на 1...2% превышают значения показателя  $\eta_{rs}$  ходовой системы машины 3 в диапазоне средних и больших углов поворота управляемых колес.

Изменение коэффициента  $\eta_{rs}$  ходовой системы машины 4 в диапазоне значений углов поворота  $\alpha_1$  управляемых колес первого моста от 5 до 45 град с величиной достоверности аппроксимации  $R^2$ , равной 0,9952, описывается полиномиальной зависимостью второй степени:

$$\eta_{rs} = -0,00003 \cdot \alpha_1^2 + 0,0006 \cdot \alpha_1 + 0,9763.$$

Таким образом, по результатам выполненных исследований можно констатировать, что разработанный дифференциал свободного хода с улучшенной характеристикой блокирующих свойств, как и серийный дифференциал свободного хода, обеспечивает блокированный привод ведущих колес при прямолинейном движении машины, а также в диапазоне малых значений углов поворота управляемых колес и при этом максимально возможную эффективность ходовой системы. При криволинейном движении внедорожной машины в диапазоне значений средних и больших углов поворота управляемых колес разработанный дифференциал свободного хода с улучшенной характеристикой блокирующих свойств обеспечивает реализацию более высоких значений коэффициента полезного действия  $\eta_{rs}$  ходовой системы и тягово-скоростных свойств, чем серийный дифференциал свободного хода.

2. Влияние дифференциала на управляемость. Исследования влияния характеристики разработанного дифференциала свободного хода на управляемость колесной машины осуществлялись с помощью способа [7], предусматривающего в качестве критерия использование следующего оценочного показателя:

$$S_v = 1 - \frac{\int_0^l |K_n - K_r| dt}{\int_0^l |K_n| dt}, \quad (2)$$

где  $K_n$  – кривизна траектории движения машины с нейтральной поворачиваемостью;  $K_r$  – кривизна действительной траектории движения машины.

Результаты расчета показателя управляемости  $S_v$  машин 1, 2, 3 и 4 в зависимости от среднего угла поворота  $\alpha_1$  управляемых колес первого моста приведены на рис. 2.

Из рис. 2 следует, что блокированный привод ведущих колес существенным образом ухудшает управляемость внедорожной машины МЗКТ-79091 по сравнению с дифференциальным приводом. Так, показатель управляемости  $S_v$  машины 1 с блокированным приводом колес третьего и четвертого мостов находится в интервале значений от 78,1 % до 82,6 % и на 8,7...12,5 % меньше, чем у машины 2 с дифференциальным приводом колес третьего и четвертого мостов, на всем рабочем диапазоне углов поворота управляемых колес.

Выполненный в ходе настоящих исследований анализ показал, что изменение показателя управляемости  $S_v$  машины 1 на всем рабочем диапазоне углов поворота управляемых колес с величиной достоверности аппроксимации  $R^2$ , равной 0,9937, описывается полиномиальной зависимостью второй степени:

$$S_v = -0,00005 \cdot \alpha_1^2 + 0,0017 \cdot \alpha_1 + 0,8135.$$

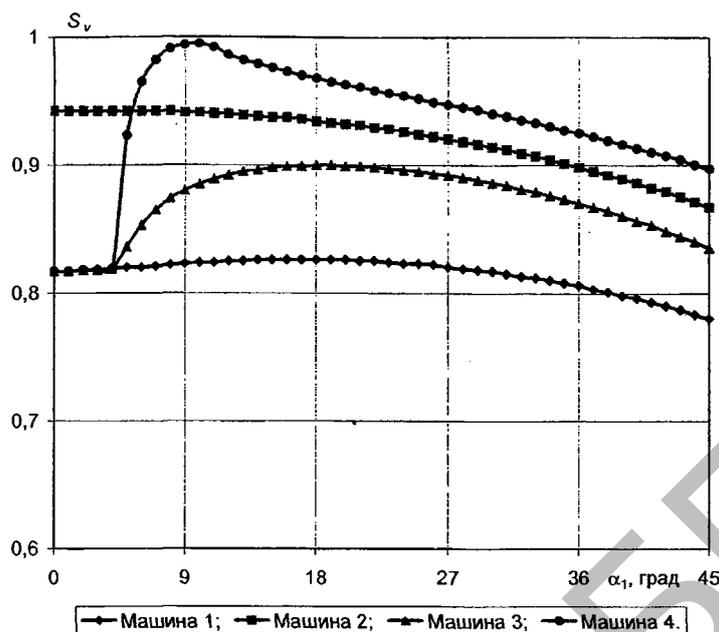


Рисунок 2 – Зависимость показатель управляемости  $S_v$  внедорожной машины МЗКТ-79091 от среднего угла  $\alpha_1$  поворота управляемых колес

Показатель управляемости  $S_v$  машины 2 с дифференциальным приводом колес третьего и четвертого мостов на всем рабочем диапазоне углов поворота управляемых колес находится в интервале значений от 86,7 до 94,2 % и с величиной достоверности аппроксимации  $R^2$ , равной 0,9996, описывается также полиномиальной зависимостью второй степени:

$$S_v = -0,00005 \cdot \alpha_1^2 + 0,0005 \cdot \alpha_1 + 0,9409.$$

Машины 3 и 4 вследствие осуществления дифференциалами свободного хода заблокированного привода ведущих колес имеют одинаковый уровень управляемости с машиной 1 при прямолинейном движении и криволинейном движении в диапазоне значений малых углов поворота управляемых колес (до отключения отстающего или забегающего колеса). Осуществление дифференциалами свободного хода заблокированного привода ведущих колес и реализация касательными силами тяги ведущих колес в плоскости опорной поверхности момента сопротивления повороту (рис. 3) благоприятным образом сказываются на обеспечении устойчивости прямолинейного движения машин 3 и 4.

При повороте управляемых колес первого моста на угол  $\alpha_1$ , равный 5 град, серийные дифференциалы свободного хода отключают забегающие колеса и при дальнейшем увеличении кривизны траектории машины 3 осуществляют привод крутящего момента только к отстающим колесам. В результате момент сопротивления повороту машины 3 уменьшается до нулевой величины, а при средних углах поворота  $\alpha_1$  управляемых колес первого моста 27 град касательные силы тяги начинают создавать способствующий повороту момент  $M_{jk}$ , который увеличивается с дальнейшим поворотом управляемых колес.

Следствием отключения забегающего колеса и действия тягового момента рыскания  $M_{jk}$  являются исключение циркуляции мощности в приводе колес третьего и четвертого мостов и улучшение управляемости машины 3 по отношению к машине 1. При этом, показатель управляемости  $S_v$  машины 3 увеличивается с 81,9 % при среднем угле поворота  $\alpha_1$  управляемых колес первого моста, равном 5 град, до 90,1 % при  $\alpha_1 = 18$  град. При повороте управляемых колес на угол  $\alpha_1$ , равный 18 град, показатель  $S_v$  имеет максимальное значение 90,1 %. С дальнейшим поворотом управляемых колес показатель  $S_v$  уменьшается и при  $\alpha_1 = 45$  град имеет значение 83,5 %.

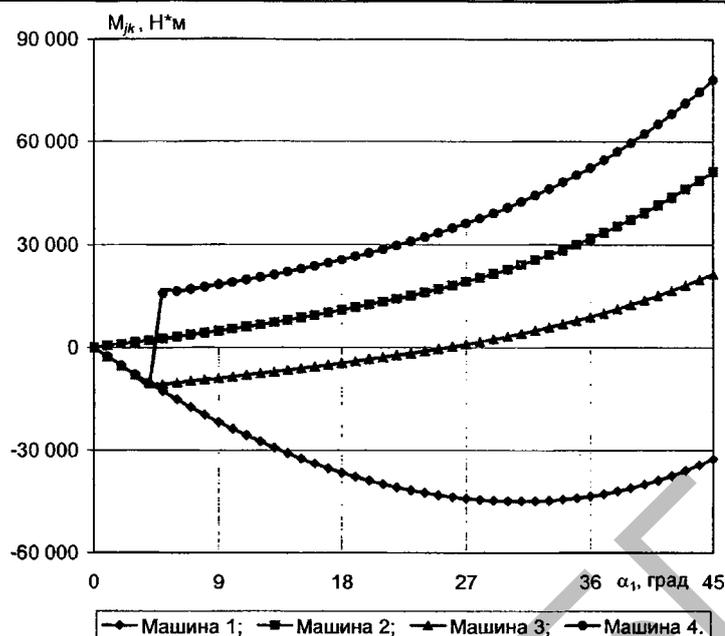


Рисунок 3 – Зависимость тягового момента рыскания  $M_{jk}$  внедорожной машины МЗКТ-79091 от среднего угла  $\alpha_1$  поворота управляемых колес

Для описания изменения показателя  $S_v$  управляемости машины 3 в зависимости от среднего угла поворота  $\alpha_1$  управляемых колес первого моста с достоверностью аппроксимации  $R^2$ , равной соответственно 0,9937 и 0,998, могут быть использованы следующие зависимости:

$$\begin{cases} S_v = -0,00005 \cdot \alpha_1^2 + 0,0017 \cdot \alpha_1 + 0,8135, & 0 \leq \alpha_1 \leq 5 \text{ град;} \\ S_v = 10^{-8} \cdot \alpha_1^5 - 2 \cdot 10^{-6} \cdot \alpha_1^4 + 9 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha_1^3 - 0,0025 \cdot \alpha_1^2 + \\ + 0,0343 \cdot \alpha_1 + 0,7183, & 5 \text{ град} < \alpha_1 \leq 45 \text{ град.} \end{cases}$$

Работа дифференциала свободного хода с улучшенной характеристикой блокирующих свойств способствует отключению отстающего колеса и приводу крутящего момента к забегающему колесу моста. При этом в плоскости опорной поверхности возникает и с увеличением кривизны траектории возрастает тяговый момент, способствующий повороту и улучшению управляемости машины 4.

При отключении отстающих колес третьего и четвертого мостов момент рыскания  $M_{jk}$ , создаваемый касательными силами тяги ведущих колес, изменяет свое направление в сторону поворота управляемых колес и начинает действовать в направлении поворота машины. Количественно момент рыскания  $M_{jk}$ , создаваемый касательными силами тяги ведущих колес, машины 4 при отключении отстающих колес третьего и четвертого мостов при повороте управляемых колес первого моста на средний угол  $\alpha_1$ , равный 4 град, увеличивается от -10,3 кН·м до 15,8 кН·м и с поворотом управляемых колес первого моста на средний угол  $\alpha_1$ , равный 45 град, достигает 78,1 кН·м.

Действие тягового момента рыскания  $M_{jk}$ , способствующего повороту, благоприятным образом сказывается на улучшении управляемости машины 4. Показатель управляемости  $S_v$  у машины 4 при  $\alpha_1 = 4$  град, как у машин 1 и 3, составляет 81,9 %, а уже при  $\alpha_1 = 10$  град достигает максимального значения 99,5 %. С увеличением среднего угла  $\alpha_1$  поворота управляемых колес первого моста от 10 град до 45 град показатель управляемости  $S_v$  уменьшается с 99,5 % до 89,7 %. При этом показатель управляемости  $S_v$  машины 4 превышает соответствующий показатель машины 2 с дифференциальным приводом ведущих колес на 2,6...5,4 %, машины 3 с приводом колес третьего и четвертого мостов серийным дифференциалом свободного хода – на 5,4...11 %, машины 1 с заблокированным приводом колес третьего и четвертого мостов – на 11,7...17,1 %.

Изменения показателя  $S_v$  управляемости машины 4 в зависимости от среднего угла  $\alpha_1$  поворота управляемых колес первого моста с достоверностью аппроксимации  $R^2$ , равной соответственно 0,9937, 1 и 0,9968, могут быть описаны с помощью следующих зависимостей:

$$\begin{cases} S_v = -0,00005 \cdot \alpha_1^2 + 0,0017 \cdot \alpha_1 + 0,8135, & 0 \leq \alpha_1 \leq 5 \text{ град;} \\ S_v = -3 \cdot 10^{-6} \cdot \alpha_1^6 + 0,0002 \cdot \alpha_1^5 - 0,0049 \cdot \alpha_1^4 + 0,0658 \cdot \alpha_1^3 - \\ - 0,4926 \cdot \alpha_1^2 + 1,9631 \cdot \alpha_1 - 2,2928, & 5 \text{ град} < \alpha_1 \leq 13 \text{ град;} \\ S_v = -0,0025 \cdot \alpha_1 + 1,0148, & 13 \text{ град} < \alpha_1 \leq 45 \text{ град.} \end{cases}$$

Таким образом, дифференциал свободного хода с улучшенной характеристикой блокирующих свойств как и серийный дифференциал свободного хода осуществляет заблокированный привод ведущих колес при прямолинейном движении и криволинейном движении в диапазоне малых углов поворота управляемых колес и тем самым способствует обеспечению устойчивости прямолинейного движения колесной машины. При криволинейном движении в диапазоне средних и больших углов поворота управляемых колес дифференциал свободного хода с улучшенной характеристикой блокирующих свойств создает в плоскости опорной поверхности тяговый момент, способствующий повороту, и улучшает управляемость колесной машины.

#### **Заключение**

Разработана конструктивная схема дифференциала свободного хода с улучшенной характеристикой блокирующих свойств, осуществляющего при криволинейном движении привод забегающего колеса и отключение отстающего колеса ведущего моста для создания в плоскости дороги тягового момента, способствующего повороту, и улучшения управляемости колесной машины.

Установлены аналитические зависимости коэффициента полезного действия  $\eta_{рс}$  ходовой системы и показателя управляемости  $S_v$  внедорожной машины МЗКТ-79091 с колесной формулой 8x8 и различными типами привода ведущих колес третьего и четвертого мостов от среднего угла  $\alpha_1$  поворота управляемых колес первого моста.

Установка разработанного дифференциала свободного хода с улучшенной характеристикой блокирующих свойств в неуправляемые ведущие мосты взамен серийных дифференциалов свободного хода при криволинейном движении в диапазоне средних и больших углов поворота управляемых колес позволяет улучшить управляемость внедорожных машин МЗКТ с колесной формулой 8x8 на 5,4...11 %, а также повысить их тягово-скоростные свойства на 1...2 %. При этом разработанный дифференциал свободного хода не ухудшает устойчивость прямолинейного движения и тягово-скоростные свойства при прямолинейном движении и криволинейном движении в диапазоне малых углов поворота управляемых колес.

#### **Литература**

1. Андреев А. Ф., Ванцевич В. В., Лефаров А. Х. Дифференциалы колесных машин / Под общ. ред. А.Х. Лефарова. – М.: Машиностроение, 1987.
2. Дифференциал свободного хода для колесных машин: пат. 2608 Респ. Беларусь, МКИ F 16H 48/20 / М.С. Высоцкий, Д.А. Дубовик; заявитель НИРУП "Белавтотракторостроение". – № 20050521; Заявл. 26.08.2005; Опубл. 30.04.2006 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. — 2006. — № 2. — С. 196.
3. Дифференциал свободного хода для колесных машин: пат. 51409 Рос. Федерации, МПК7 F 16H 48/20 / М.С. Высоцкий, Д.А. Дубовик; заявитель НИРУП "Белавтотракторостроение". – № 2005128129/22 Заявл. 08.09.2005; Опубл. 10.02.2006, Бюл. № 4.
4. Ванцевич В. В., Высоцкий М. С., Дубовик Д. А. // Весці НАН Беларусі. Сэр. фіз.-тэхн.

наук. 2001. №3. – С. 123–128.

5. Платонов В. Ф. Полноприводные автомобили. – 2-е изд., переработ. и доп. – М.: Машиностроение, 1989.

6. Высоцкий М. С., Дубовик Д. А. // Докл. НАН Беларуси. 2007. Т. 51, № 2. С. 91–94.

7. Способ испытания управляемости колесных машин: пат. 8385 Респ. Беларусь, МПК7 G 01 M 17/00 / Д.А. Дубовик; заявитель НИРУП "Белавтотракторостроение". – № 20031255; Заявл. 31.12.03; Опубл. 30.08.06 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. — 2005. — № 3. — С. 111.

УДК 631.333

## ОБОСНОВАНИЕ ШИРИНЫ ЗАБОРНОЙ КАМЕРЫ ШНЕКОВОГО ПОДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

*Голдыбан В.В. (НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства)*

*К прицепным машинам для внесения минеральных удобрений предложено шнековое подающее устройство (ШПУ), выполненное в виде винтов, помещенных в цилиндрические вращающиеся кожухи со спиралевидными ленточными вырезами, позволяющее снизить энергоёмкость подачи материала из бункера на распределяющие рабочие органы. Рассмотрены теоретические предпосылки к обоснованию рациональной ширины выреза в кожухе.*

### **Введение**

При использовании горизонтально расположенного подающего устройства (ПУ) в прицепных машинах для внесения минеральных удобрений наблюдается зависание материала в зоне шибера и образование так называемой «мёртвой зоны» [1, 2]. Причиной тому являются значительные напряжения, возникающие в зоне выгрузки от сил трения между материалом, выносимым ПУ, и неподвижной массой удобрений в бункере, которые вызывают уплотнения материала у передней стенки. Удобрения, обладающие достаточным сцеплением, образуют над заполненной частью ПУ устойчивый свод, который ухудшает условия истечения материала из бункера и создаёт дополнительное давление на транспортируемое сыпучее тело. Такой характер истечения материала из бункера приводит к неоправданному расходу мощности на привод ПУ, возникает необходимость применения металлоёмкого, громоздкого и габаритного привода.

### **Основная часть**

С целью снижения энергоёмкости процесса подачи удобрений из кузова к распределяющим рабочим органам нами предложена машина для внесения минеральных удобрений [3, 4], содержащая шнековое подающее устройство, состоящее из кожухов и винтов (рисунок 1). Кожухи ШПУ выполнены цилиндрическими с возможностью вращения и имеют спиралевидные ленточные вырезы с шагом, равным длине кожуха. Сверху кожухов ассиметрично им расположен рассекающий потока, воспринимающий давление столба материала в кузове и перекрывающий восходящие ветви винтов.

Устройство работает следующим образом. При включении ВОМ трактора удобрения, поступающие в ШПУ из кузова, заполняют пространство между витками винта и стенками кожуха, проникая туда через заборную камеру А, и транспортируются, не подвергаясь давлению столба материала, к туконаправителю.

Заборная камера А представляет собой видимую сверху и сбоку (рисунок 1) часть спиралевидного ленточного выреза в кожухе. За время разгрузки кузова кожух совершает всего 1-2 оборота (посредством храпового механизма) в сторону, противоположную направлению вращения винта, вызывая тем самым перемещение заборной камеры А к передней части кузова. Это обеспечивает постепенную разгрузку кузова и исключает