

ЗАВИСИМОСТЬ АГРОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОСВЕТА ПОД ПЕРЕДНИМ МОСТОМ ХЛОПКОВОДЧЕСКОГО ТРАКТОРА С КОЛЕСНОЙ СХЕМОЙ 4К4А ОТ РАЗМЕРОВ ПОВОРОТНОЙ ЦАПФЫ, ТИПОРАЗМЕРА ШИН УПРАВЛЯЕМЫХ КОЛЕС И УГЛОВ ИХ УСТАНОВКИ

DEPENDENCE OF THE AGROTECHNICAL CLEARANCE UNDER THE FRONT AXLE OF A COTTON TRACTOR WITH A WHEEL ARRANGEMENT 4K4A ON THE DIMENSIONS OF THE PIVOT PIN, THE SIZE OF THE TIRES OF THE STEERED WHEELS AND THE ANGLES OF THEIR INSTALLATION

Б.А. КАМБАРОВ, к.т.н.

Научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, Янгиюль, Узбекистан, b_kambarov@rambler.ru

B.A. KAMBAROV, PhD in Engineering

Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture, Yangiyul, Uzbekistan, b_kambarov@rambler.ru

В настоящее время в республике прорабатывается концепция перехода хлопководческой энергетики на четырехколесную, имеющую по сравнению с существующей дополнительный потенциал для повышения производительности за счет увеличения рядности сельхозмашин. Хлопчатник относится к высокостебельным техническим культурам, так как на стадии максимального биологического развития растения достигают в высоту 800...1250 мм. Минимальные травмирование надземной части растений при обработке междурядий и потеря урожая во время уборки во многом обеспечиваются благодаря повышенному агротехническому просвету хлопководческих тракторов. Современный хлопководческий трактор имеет схему движителей с колесной схемой 3К2 и агропросвет 820...830 мм под рукавами полуосей заднего моста за счет установки дополнительных конечных передач. Передняя управляемая ось – одноколесная, она не препятствует безопасному проходу растений под остовом трактора. При разработке четырехколесного хлопководческого трактора серьезной проблемой является обеспечение требуемого агротехнического просвета под балкой переднего моста. Предварительными исследованиями установлено, что менять агротехнический просвет под порталной конструкцией переднего моста можно за счет изменения длины шкворней поворотных цапф до размеров, обеспечивающих четырехколесному трактору удовлетворительные показатели проходимости над рядами хлопчатника. При этом, необходимо учитывать известное влияние линейных и угловых размеров переднего моста на кинематические характеристики рулевого управления и работу движителей, в связи с чем была установлена аналитическая взаимосвязь агротехнического просвета под передним мостом трактора с колесной схемой 4К4а, размеров шкворней поворотных цапф, размеров управляемых колес и углов их установки, позволяющая рассчитать величину агротехнического просвета под балкой переднего моста для различных сочетаний аргументов, входящих в эту зависимость. Для примера установлено, что при длине шкворневого вала экспериментального переднего ведущего моста 435 мм и установке шин 11,2-20, 11,2R20 и 11,2R24 обеспечивается агротехнический просвет в пределах 826...877 мм, что отвечает требованиям технического задания на хлопководческий трактор.

Ключевые слова: трактор хлопководческий четырехколесный, передний порталный управляемый высококлиренсный мост, агротехнический просвет, шкворень поворотной цапфы, аналитическая взаимосвязь основных параметров переднего моста, агротехнический просвет, типоразмер шин.

At present, the concept of the transition of cotton energy to a four-wheeled power plant is being worked out in the republic. And it has, in comparison with the existing one, an additional potential for increasing productivity due to increasing the ranks of agricultural machinery. Cotton refers to high-growth technical crops, as at the stage of maximum biological development plants reach a height of 800...1250 mm. Minimal traumatization of the above-ground part of the plants during the processing of row spacing and loss of harvest during harvesting is largely due to the increased agrotechnical clearance of cotton-growing tractors. The modern cotton tractor has a scheme of propulsors with axle configuration of 3K2 and clearance of 820...830 mm under tubes of shafts of rear axles, due to the installation of additional final gears. The front steer axle is single-wheeled, it does not prevent the safe passage of plants under the tractor's framework. When developing a four-wheeled cotton tractor, a major problem is the provision of the required agro-technical clearance under the tube of the front axle. Preliminary studies have established that it is possible to change the agrotechnical clearance under the portal structure of the front axle by changing the length of the pivots of the pivot pins to the dimensions that provide the four-wheeled tractor with satisfactory flotation above the row of cotton. At the same time, it is necessary to take into account the known effect of the linear and angular dimensions of the front axle on the kinematic characteristics of the steering and the operation of the propulsors, in

connection with which the analytical interrelation of the agrotechnical clearance under the front axle of the tractor with axle configuration 4K4a, the dimensions of the pivots of pivot pins, the dimensions of the steered wheels and the angles of their settings, allowing to calculate the amount of agrotechnical clearance under the beam of the front axle for different combinations of arguments that are included in this dependence. For example, it is established that with the length of the pivot shaft of the experimental front driving axle of 435 mm and the installation of 11.2-20, 11.2R20 and 11.2R24 tires, an agro technical clearance is provided within 826...877 mm, which meets the requirements of the technical specification for the cotton tractor.

Keywords: four-wheeled cotton tractor, front portal controlled high-altitude axle, agrotechnical clearance, pivot pin, analytic relationship between the main parameters of the front axle, tire size.

Введение

На механизированных процессах при возделывании и уборке хлопчатника в качестве энергетических средств в настоящее время используются специальные хлопководческие пропашные тракторы, имеющие агротехнический просвет на уровне 820 ± 10 мм, так как на стадии максимального развития растения хлопчатника достигают в высоту 800...1250 мм. В основном это тракторы ТТЗ-80.11 и МТЗ-80Х тягового класса 1,4 с колесной схемой 3К2.

В настоящее время ведутся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию хлопководческого трактора повышенной тяговой класса с колесной схемой 4К4а [1, 2].

Цель исследования

Целью исследования является получение зависимости агротехнического просвета под передним мостом хлопководческого трактора с колесной схемой 4К4а от размеров поворотной

цапфы, типоразмера шин управляемых колес и углов их установки. На основе анализа имеющейся информации [3, 4] в качестве прототипа для исследований выбран трактор МТЗ-82Р производства РУП «Минский тракторный завод», привлекший внимание тем, что конструкция переднего моста трактора МТЗ-82Р позволяет изменять агротехнический просвет под передним мостом за счет изменения длины шкворней поворотных цапф. Под кожухами полуосей заднего моста уже имеется необходимый агротехнический просвет благодаря установке дополнительных конечных передач.

Материалы, методы исследования и обсуждение результатов

На рис. 1 показана схема переднего портального ведущего моста трактора МТЗ-82Р и основные линейные и угловые параметры, необходимые для расчета.

Расчетная схема приведена на рис. 2, где за начало координат принята точка пересечения оси вращения колеса (оси цапфы) и поворотной оси колеса (оси шкворня). При этом ось X направлена горизонтально по направлению движения трактора, ось Y – перпендикулярно направлению движения, ось Z – вверх.

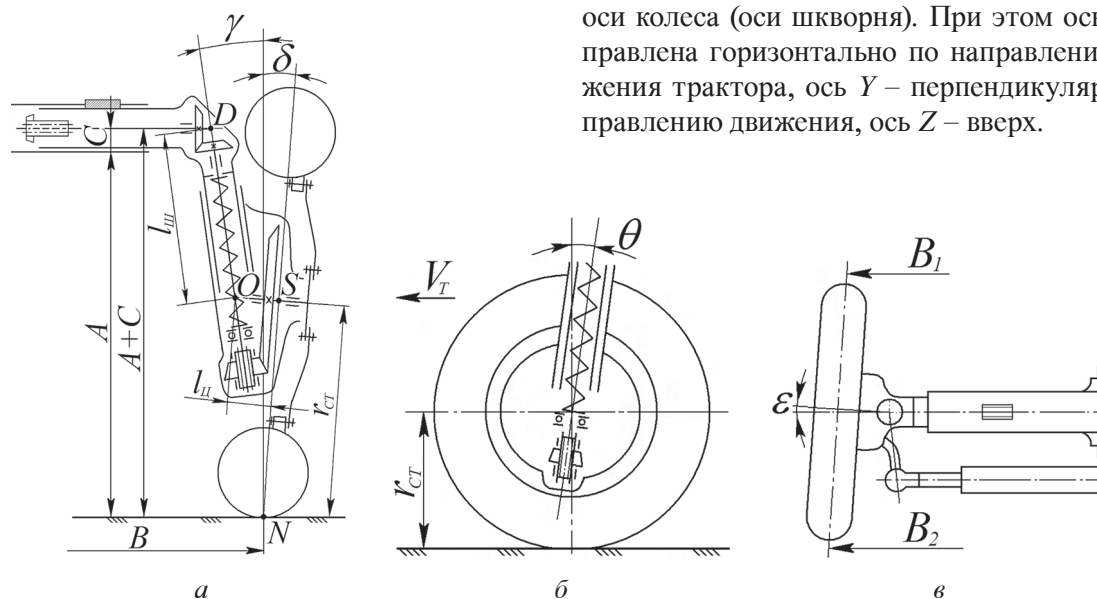


Рис. 1. Схема переднего моста универсально-пропашного трактора:

A – агротехнический просвет, мм; $A + C$ – расстояние от опорного основания до полуоси конической шестерни, мм; l_{III} – длина шкворня, мм; γ – угол поперечного наклона шкворня, град.; θ – угол продольного наклона шкворня, град.; l_{II} – длина цапфы, мм; δ – угол развала управляемых колес, град.; r_{CT} – статический радиус управляемых колес, мм; ϵ – угол схождения колес, мм

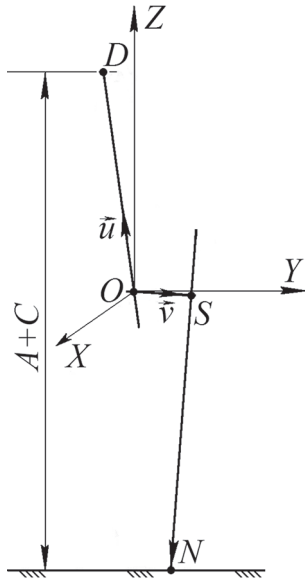


Рис. 2. Направления осей шкворня и цапфы переднего моста в координатной системе

Для указания направления оси шкворня используем единичный вектор \vec{u} , который направлен от начала координат к верхней точке шкворня.

Тогда координаты вектора \vec{u} будут равны [5–7]:

$$\vec{u} = (u_1; u_2; u_3) = \left(-\frac{\operatorname{tg}\theta}{\sqrt{\operatorname{tg}^2\theta + \operatorname{tg}^2\gamma + 1}}; -\frac{\operatorname{tg}\gamma}{\sqrt{\operatorname{tg}^2\theta + \operatorname{tg}^2\gamma + 1}}; \frac{1}{\sqrt{\operatorname{tg}^2\theta + \operatorname{tg}^2\gamma + 1}} \right).$$

Вектор \vec{DO} имеет длину $l_{\text{ш}}$ и направление, противоположное направлению вектора \vec{u} , т.е. $\vec{DO} = -l_{\text{ш}} \cdot \vec{u}$. Поэтому:

$$\vec{DO} = \left(\frac{l_{\text{ш}} \operatorname{tg}\theta}{\sqrt{\operatorname{tg}^2\theta + \operatorname{tg}^2\gamma + 1}}; \frac{l_{\text{ш}} \operatorname{tg}\gamma}{\sqrt{\operatorname{tg}^2\theta + \operatorname{tg}^2\gamma + 1}}; -\frac{l_{\text{ш}}}{\sqrt{\operatorname{tg}^2\theta + \operatorname{tg}^2\gamma + 1}} \right). \quad (1)$$

Для указания направления оси цапфы используем единичный вектор \vec{v} , который направлен от начала координат в сторону центра колеса.

Координаты вектора \vec{v} будут равны:

$$\vec{v} = (\cos\delta \sin\epsilon; \cos\delta \cos\epsilon; -\sin\delta).$$

Плоскость колеса перпендикулярна вектору \vec{v} и находится от начала координат на расстоянии, равном длине цапфы $l_{\text{ц}}$.

Поэтому, координаты вектора \vec{OS} определяются из выражения:

$$\vec{OS} = (l_{\text{ц}} \cos\delta \sin\epsilon; l_{\text{ц}} \cos\delta \cos\epsilon; -l_{\text{ц}} \sin\delta). \quad (2)$$

Определим координаты вектора $\vec{SN} = (X; Y; Z)$, направленного из центра колеса S в точку N касания колеса с опорной поверхностью, исходя из следующих условий:

1) вектор \vec{SN} перпендикулярен вектору \vec{v} , т.е. $X \cos\delta \sin\epsilon + Y \cos\delta \cos\epsilon - Z \sin\delta = 0$;

2) его длина равна статическому радиусу $r_{\text{ст}}$ колеса, т.е. $X^2 + Y^2 + Z^2 = r_{\text{ст}}^2$;

3) вектор \vec{SN} направлен вниз и находится с вектором \vec{v} в одной вертикальной плоскости, т.е.

$$\begin{vmatrix} X & Y & Z \\ \cos\delta \sin\epsilon & \cos\delta \cos\epsilon & -\sin\delta \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = 0.$$

Из этих условий следует, что:

$$Y = Z \operatorname{tg}\delta \cos\epsilon; \quad X = Z \operatorname{tg}\delta \sin\epsilon, \\ Z = \pm r_{\text{ст}} \cos\delta.$$

Так как вектор \vec{SN} направлен вниз, то:

$$Z = -r_{\text{ст}} \cos\delta. \quad (3)$$

Как известно, проекция любого вектора на ось Z равна его вертикальной координате. Поэтому расстояние от опорного основания до поворотного рычага:

$$A + C = -np_z^{\vec{DN}} = -np_z^{\vec{DO}} - np_z^{\vec{OS}} - np_z^{\vec{SN}}. \quad (4)$$

После подстановки в (4) значений вертикальных координат векторов \vec{DO} , \vec{OS} и \vec{SN} из выражений (1), (2) и (3) получим:

$$A + C = \frac{l_{\text{ш}}}{\sqrt{\operatorname{tg}^2\theta + \operatorname{tg}^2\gamma + 1}} + l_{\text{ц}} \sin\delta + r_{\text{ст}} \cos\delta. \quad (5)$$

Углы установки θ , γ , δ , размер C и длину цапфы $l_{\text{ц}}$ считаем постоянными величинами и равными $\theta = 2^\circ$, $\gamma = 7^\circ$, $\delta = 3^\circ$, $l_{\text{ц}} = 185$ мм, $C = 65$ мм.

По формуле (5) агротехнический просвет вычисляется при различных значениях длины шкворня $l_{\text{ш}}$ и типоразмеров шин. Для расчетов выбраны шины, которые могут быть установлены на передний ведущий мост экспериментального универсально-пропашного трактора. Результаты расчетов для шкворней, увеличенных по сравнению с прототипом на 150 и 170 мм, приведены в табл. 1

Таблица 1

Параметры высококлиренсного переднего моста трактора

$l_{ш}$, мм	Обозначение шин	$r_{ст}$, мм	A , мм
265 (базовый)	11,2-20	460	667
415	11,2-20	460	816
435	11,2-20	460	836
265	11,2R20	450	657
415	11,2R20	450	806
435	11,2R20	450	826
265	11,2R24	501	708
415	11,2R24	501	857
435	11,2R24	501	877

Из табл. 1 видно, что при длине шкворневого вала экспериментального переднего ведущего моста $l_{ш}$, равной 435 мм, и установке указанных в табл. 1 шин обеспечивается агротехнический просвет в пределах 826...877 мм, что соответствует требованиям технического задания на хлопководческий трактор.

Заключение

При переводе хлопковой энергетики с трехколесной на четырехколесную проблемой является обеспечение необходимого агротехнического просвета под балкой переднего моста трактора. Показано, что эту проблему можно решить за счет рационального сочетания типоразмера шин управляемых передних колес и длины шкворней поворотных цапф.

Литература

1. Байметов Р.И., Камбаров Б.А., Осипов О.С. К вопросу применения в хлопководстве четырехколесного пропашного трактора с широкозахватными МТА // Проблемы механики. 2012. № 3. С. 53–57.
2. Камбаров Б.А. Портальный ведущий мост к пропашному трактору 4К4 для работ в хлопководстве // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: II Межд. науч.-прак. Интернет-конф., посв. году Экологии в России, 28 февраля 2017. Астрахань: ФГБНУ ПНИИАЗ, 2017. С. 2074–2078.
3. Шарипов В.М. Ведущие мосты тракторов (конструкция). М.: МГТУ МАМИ, 1998. 72 с.
4. Ксеневиц И.П., Шарипов В.М., Арустамов Л.Х. и др. Тракторы. Конструкция. М.: МГТУ МАМИ, 2001. 821 с.
5. Иларионов В.А. Стабилизация управляемых колес автомобиля. М.: Транспорт, 1966. 168 с.

6. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. М.: Наука, 1964. 872 с.
7. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике (для научных работников и инженеров). М.: Наука, 1974. 832 с.

References

1. Baymetov R.I., Kambarov B.A., Osipov O.S. Application in cotton growing of a four-wheeled tractor with wide-cutting machine-tractor aggregate. Problemy mekhaniki. 2012. No 3, pp. 53–57 (in Russ.).
2. Kambarov B.A. Portal driving axle 4K4 tractor for work in cotton growing. Sovremennoe ekologicheskoe sostoyanie prirodnoy sredy i nauchno-prakticheskie aspekty ratsional'nogo prirodopol'zovaniya: II Mezhd. nauch.-prak. Internet-konf. posv. godu Ekologii v Rossii, 28 fevralya 2017 [Modern ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of rational nature management: II International scientific-practical Internet-conference dedicated to year of Ecology in Russia, February 28, 2017]. Astrakhan': FGBNU PNIIAZ Publ., 2017, pp. 2074–2078 (in Russ.).
3. Sharipov V.M. Vedushchie mosty traktorov (konstruktsiya) [Driving axle design]. Moscow: MGTU MAMI Publ., 1998. 72 p.
4. Ksenevich I.P., Sharipov V.M., Arustamov L.Kh. i dr. Traktory. Konstruktsiya [Tractors. Design]. Moscow: MGTU MAMI Publ., 2001. 821 p.
5. Ilarionov V.A. Stabilizatsiya upravlyaemykh koles avtomobilya [Stabilization of controlled wheels of automobile]. Moscow: Transport Publ., 1966. 168 p.
6. Vygodskiy M.Ya. Spravochnik po vysshey matematike [Handbook of Higher Mathematics]. Moscow: Nauka Publ., 1964. 872 p.
7. Korn G., Korn T. Spravochnik po matematike (dlya nauchnykh rabotnikov i inzhenerov) [Handbook of Mathematics (for scientists and engineers)]. Moscow: Nauka Publ., 1974. 832 p.