

УДК: 629.114.2

ВОПРОСЫ РАСШИРЕНИЯ ДИАПАЗОНА ПРИМЕНЕНИЯ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ

А.А. Ахметов - д.т.н., профессор

Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

Аннотация

В статье приводятся некоторые результаты исследований влияния изменения клиренса и базы перспективных тракторов с регулируемым клиренсом и изменяемой базой на их устойчивость движения. Возможность перевода перспективного трактора с регулируемым клиренсом в высокое положение клиренса способствует повышению его проходимости, а в низкое положение клиренса – его устойчивости и безопасности. Возможность укорачивания базы трактора приводит к уменьшению ширины поворотной полосы, следовательно, уплотненной ходовой системой трактора не обработанной площади, а удлинение базы – к устойчивости движения трактора по неровной местности.

Ключевые слова: система машин, трактор, агротехническая проходимость, устойчивость, балка, передний мост, клиренс, база, опрокидывания, скольжение.

ҒИЛДИРАК ТРАКТОРЛАРНИНГ ҚЎЛЛАНИШ ДИАПАЗОНЛАРИНИ КЕНГАЙТИРИШ МАСАЛАЛАРИ

А.А. Ахметов

Аннотация

Ушбу мақолада клиренси ва базаси ўзгарадиган истиқболли тракторларклиренси ва базаси ўзгаришининг уларнинг ҳаракатлини турғунлигига таъсири бўйича ўтказилган тадқиқотларнинг айрим натижалари келтирилган. Клиренси ростланадиган истиқболли тракторнинг клиренсини юқориги ҳолатга ўтказиш имконияти унинг ўтувчанлигини оширади, клиренсни пастки ҳолатига ўтказиш эса унинг турғунлиги ва хавфсизлигини оширади. Трактор базасини қисқартириш имконияти қайтиш поласаси энини, демак, ишлов берилмасдан трактор юриш тизими билан топланаётган майдонни камайтиришга, базасини узайтириш эса – нотекис жойларда тракторнинг ҳаракатлини турғунлигини оширади.

Таянч сўзлар: машиналар системаси, трактор, агротехник ўтувчанлик, турғунлик, балка, олдинги кўприк, клиренс, база, ағдарилиш, сирпаниш.

QUESTIONS TO EXPAND THE RANGE OF APPLICATION WHEEL TRACTORS

А.А. Akhmetov

Abstract

In article some results of research of influence of climate change and base of perspective tractors with adjustable clearance and variable base on their stability of movement are resulted. Possibility of translation of the predicted tractor with adjustable clearance in a high position. Clearance - its stability and security. The possibility of shortening the base of the tractor leads to a reduction in the width of the turnbuckle, then, the trampled tractor running system without surface treatment, and the extension of the base to the stability of the tractor's movement over uneven terrain.

Key words: machine system, tractor, agrotechnical cross-country ability, stability, beam, front axle, ground clearance, base, tilting, sliding.

Вступление. Многолетний опыт применения колесных тракторов в сельском хозяйстве показал необходимость усовершенствования конструкции в направлениях повышения их проходимости, устойчивости, управляемости, маневренности и еще большей универсализации с возможностью небольших изменений отдельных узлов или агрегатов адаптировать их для работы в хлопководстве, зерноводстве, овощебахчеводстве, картофелеводстве, животноводстве, садоводстве и виноградарстве. При этом неоспоримыми остаются экологические требования, требования безопасности и охраны труда, направленные на снижение отрицательного техногенного воздействия движителей колесного трактора на почву и на обеспечение безопасности работы машиниста-оператора управляемого трактором. Такая необходимость выбран-

ных направлений диктуется следующими соображениями.

Во-первых принятая в сельском хозяйстве республики 4-х рядная система машин с появлением энергонасыщенных колесных тракторов и новых конструкций сельскохозяйственных машин, а также перспективных технологий возделывания сельскохозяйственных культур не в полной мере отвечает современным вызовам, как по производительности, так и по экономичности и экологической безопасности.

Во-вторых в последние годы по мере увеличения мощности трактора, производительности и массы агрегируемой с ним машин-орудий все в большей степени стали очевидными негативные стороны их действий на физико-механические свойства почвы. В результате возросли противоречия между агротехнической необходимостью

и отрицательным техногенным воздействием на почву, прежде всего на уплотнение почвы ходовыми элементами трактора на большую глубину. Это объясняется тем, что под влиянием поливов и последующих междурядных обработок происходит интенсивное разрушение строения почвы, увеличение её плотности по следам колес трактора. Уплотнение почвы приводит к замедлению развития корневой системы хлопчатника, что ограничивает усвоение питательных элементов из почвы и получение высокого урожая хлопка-сырца.

В-третьих наличие в зоне хлопководства двух видов: 3-х и 4-х колесных тракторов приводит к необоснованному увеличению численности парка машин и соответствующим расходам на их содержание.

И наконец, в четвёртых высокая агротехническая проходимость 3-х колесного универсально-пропашного трактора до недавнего времени обеспечивали ему статус основного энергетического средства для механизации полевых работ в хлопководстве. Однако тракторы этого типа имеют существенные специфические недостатки [1], главные из них: низкая поперечная устойчивость; негативное техногенное воздействие на почву; низкая годовая загрузка; перегрузка передних шин; недопустимость применения на транспортных работах из-за их низкой устойчивости. Эти недостатки в определенной степени отсутствуют у 4-х колесных тракторов. Уменьшение отрицательного техногенного воздействия на почву за счёт снижения общей площади покрытия следами колес, уменьшение максимального давления на почву в зоне опорной площади ходового аппарата, более рациональное распределение масс машинно-тракторного агрегата (МТА) по осям и снижение буксования колёс являются неполным списком преимуществ этих тракторов перед 3-х колесными. Однако, они имеют увеличенный радиус поворота и недостаточный агротехнический просвет под балкой переднего моста, поэтому 4-х колесные трактора в зоне хлопкосеяния применяются сегодня в основном на предпосевной обработке почвы, на уборочно-транспортных работах и при возделывании сопутствующих хлопчатнику низко стебельных культур.

Исходя из технологии возделывания основной культуры в республике - хлопчатника, главным требованием к новому перспективному поколению 4-х колесных хлопководческих тракторов является сохранение позитивных качеств 3-х колесного хлопководческого трактора, а именно:

- вписываемость конструкции в междурядья с развитыми кустами хлопчатника в период последних междурядных обработок, а также при дефолиации и уборке урожая;

- повышение поворотливости, обеспечивающие минимальные потери продуктивных площадей в зоне разворотных полос на краях поливных участков с посевами хлопчатника.

Выполнение специфических требований зоны хлопководства в совокупности с основными конструктивными требованиями к 4-х колесным универсально-пропашным тракторам значительно повышает их потребительские свойства и расширяет область их применения.

При решении вышеперечисленных задач применительно 4-х колесным тракторам реально обеспечивается повышение производительности хлопковых МТА путем увеличения рядности сельскохозяйственных машин до 6-и, 8-и на различных схемах посева за счёт полнопри-

водной схемы движителей и повышения тягового класса трактора. Решится проблема оптимизации парка машин и круглогодичной загрузки хлопководческих тракторов за счёт использования не только на уборочно-транспортных, но и других видах работ в хлопководстве, овощеводстве, кормопроизводстве, зерноводстве, на животноводческих комплексах и т.п. Кроме того за счёт качества, заложенных в самой схеме ходового аппарата 4-х колесного трактора, улучшается их управляемость и устойчивость работы на транспортных перевозках и при работе в междурядьях посевов хлопчатника и других культур до требуемых норм безопасности.

Для решения поставленных задач в УП СКБ «Трактор», проводятся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, по результатам которых разработаны и изготовлены опытные образцы усовершенствованных 4-х колесных тракторов с регулируемым клиренсом [2], а также с изменяемой базой [3]. При этом за счёт изменения клиренса достигается изменение агротехнического просвета трактора от 650 до 870 мм или, наоборот, а изменение базы обеспечивает удлинению или укорачиванию базы трактора на 673 мм. В данной работе приводятся результаты исследования влияния изменения клиренса и базы разработанных тракторов на их некоторые эксплуатационные показатели.

Теоретические исследования.

Эксплуатационные показатели разработанных универсально-пропашных тракторов составленных на их базе машинно-тракторных агрегатов (МТА) находятся в зависимости от их устойчивости движения. Потеря трактором устойчивости выражается в его самопроизвольном отклонении от заданного направления, боковом скольжении или опрокидывании.

Главными критериями устойчивости разрабатываемых тракторов против опрокидывания являются характеристики их геометрических параметров и расположение центра масс относительно опорных колес, определяющие границы статической устойчивости при помощи так называемых предельных углов подъема, спуска и бокового крена. При этом опрокидывания происходят из-за перераспределения опорных реакций по мостам трактора и при равенстве нулю одной из них.

Для изучения влияния изменения клиренса и базы разработанных тракторов на их устойчивость движения проводим анализ их продольной и поперечной устойчивости при различных клиренсах и базах тракторов к опрокидыванию и к боковому скольжению.

При определении продольной устойчивости разработанных универсально-пропашных тракторов приняты следующие допущения: сопротивление воздуха мало, так как скорость движения трактора не более 30 км/ч, следовательно, $P_w = 0$; трактор движется равномерно, при котором $P_i = 0$; тяговая нагрузка отсутствует, т.е. $P_{кр} = 0$.

Во всех расчетах обозначения I и II принадлежат, соответственно, для трактора с регулируемым клиренсом высокому и низкому клиренсу, а для трактора с изменяемой базой максимальной и минимальной базе

Наибольший угол, при котором заторможенный трактор может стоять, не опрокидываясь, называют предельным статическим углом подъема α_n (рис. 1).

При предельном статическом угле подъема, если не учесть силы сопротивления качению, вектор силы тяжести проходит через ось опрокидывания O_2 .

Угол начала опрокидывания $\alpha_{\text{прод}}$ трактора в статическом положении на подъеме в зависимости от вариантов вида, как клиренса, так и базы с учетом работы [4] определяется выражением

$$\alpha_{\text{прод}}^{I(II)} = \arctg\left(\frac{a_{\text{цм}}^{I(II)}}{h_{\text{цм}}^{I(II)}}\right) \quad (1)$$

где $a_{\text{цм}}^{I(II)}$, $h_{\text{цм}}^{I(II)}$ – соответственно по вариантам, как клиренса, так и базы горизонтальной и вертикальной координате центра тяжести универсально-пропашного трактора, мм.

В отличие от предельного статического угла подъема предельный статический угол спуска определяется из выражения

$$\alpha_{\text{прод}}^{I(II)} = \arctg\left(\frac{(L^{I(II)} - a_{\text{цм}}^{I(II)})}{h_{\text{цм}}^{I(II)}}\right) \quad (2)$$

где $L^{I(II)}$ – соответственно по вариантам база универсально-пропашного трактора, мм.

Угол сползания $\alpha_{\text{сп}}^{I(II)}$ соответственно по вариантам трактора при заторможенных задних ведущих колесах

$$\alpha_{\text{прод}}^{I(II)} \geq \varphi_c \quad (7)$$

При расчете поперечной устойчивости с учетом работы [4] определяем угол начала опрокидывания и угол начала сползания на склоне (рис. 2).

Угол начала опрокидывания β_n на склоне в зависимости от вариантов трактора определяется выражением

$$\beta_n^{I(II)} = \arctg\left(\frac{A_y^{I(II)}}{h_{\text{цм}}^{I(II)}}\right) \quad (8)$$

где $A_y^{I(II)}$ – плечо устойчивости трактора, мм; $h_{\text{цм}}^{I(II)}$ – вертикальная координата центра тяжести трактора, мм.

Угол начала сползания на склоне

$$\beta_{\text{сп}} = \arctg(0,8 \cdot \varphi_c) \quad (9)$$

При наличии динамических воздействий от микронеровностей пути [6] динамический угол боковой устойчивости будет

$$\beta_{\text{дин}}^{I(II)} = (0,4 \div 0,6) \beta_n^{I(II)} \quad (10)$$

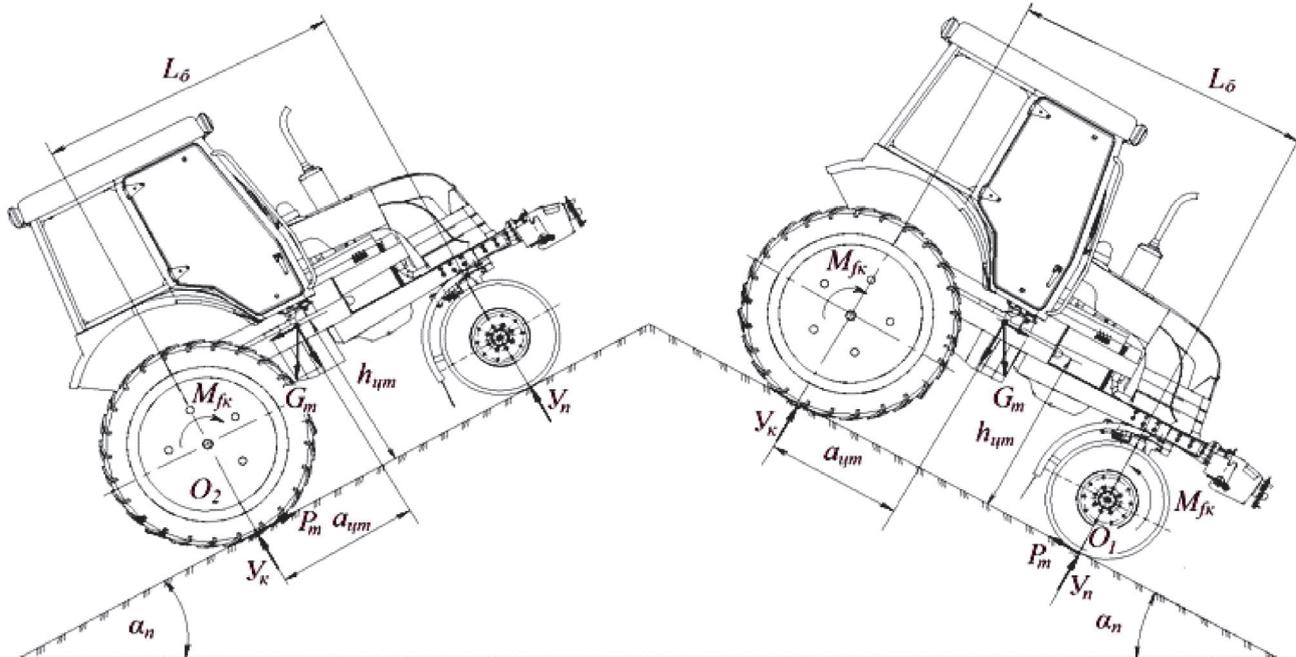


Рис. 1. Расчетная схема

определяется выражениями на подъеме

на уклоне
$$\alpha_{\varphi}^{I(II)} = \arctg\left(\frac{\varphi_c(L^{I(II)} - a_{\text{цм}}^{I(II)})}{L^{I(II)} - h_{\text{цм}}^{I(II)} \cdot \varphi_c}\right) \quad (3)$$

$$\alpha_{\varphi}^{I(II)} = \arctg\left(\frac{\varphi_c(L^{I(II)} - a_{\text{цм}}^{I(II)})}{L^{I(II)} + h_{\text{цм}}^{I(II)} \cdot \varphi_c}\right) \quad (4)$$

где φ_c – коэффициент сцепления с почвой.

Критический угол наклона дороги $\alpha_{\text{сп.ск}}^{I(II)}$ соответственно по вариантам трактора по условиям сцепления шин с опорной поверхностью, при котором может начаться скольжение ведущих колес, определяется выражением

$$\alpha_{\text{сп.ск}}^{I(II)} = \arctg\left(\frac{\varphi_c \cdot (L^{I(II)} - a_{\text{цм}}^{I(II)}) - f \cdot L^{I(II)}}{(L^{I(II)} - h_{\text{цм}}^{I(II)} \cdot \varphi_c)}\right) \quad (5)$$

где f – коэффициент сопротивления самопередвижению.

Согласно работе [5] гарантированная устойчивость трактора против опрокидывания обеспечивается при условии

$$\alpha_{\text{прод}}^{I(II)} \geq \alpha_{\text{сп.ск}}^{I(II)} \quad (6)$$

а продольная устойчивость трактора против опрокидывания при резком торможении обеспечивается при условии

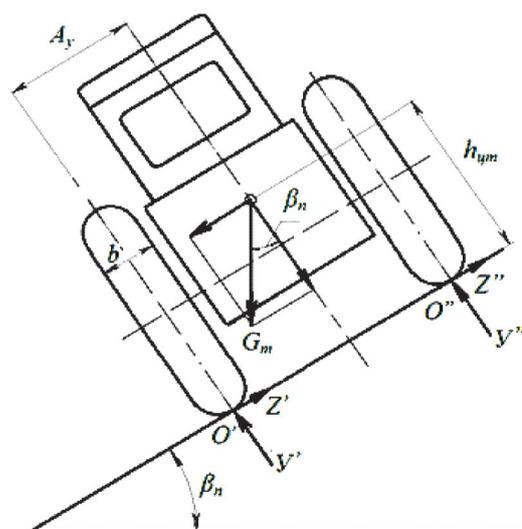


Рис. 2. Расчетная схема

Результаты расчета устойчивости разработанного универсально-пропашного тракторас регулируемым клиренсом, по изложенной методике сведены в таблицу 1.

Таблица 1
Влияние положения клиренса на устойчивость трактора

Наименование показателей, условное обозначение и единица измерения	Положение клиренса трактора		Изменение показателя, %
	I	II	
Угол продольной статической устойчивости (подъем) $\alpha_{\text{прод}}^{I(II)}$, град	32,72	41,35	26,39
Угол продольной статической устойчивости (уклон) $\alpha'_{\text{прод}}^{I(II)}$, град	47,38	50,34	6,25
Угол сползания заторможенного трактора на подъеме $\alpha\varphi^{I(II)}$, град	36,47	31,34	-14,06
Угол сползания заторможенного трактора на уклоне $\alpha\varphi'^{I(II)}$, град	23,57	16,86	-28,46
Угол поперечной устойчивости $\beta_n^{I(II)}$, град	31,58	34,55	9,40
Динамический угол боковой устойчивости трактора $\beta_{\text{дин}}^{I(II)}$, град	12,63	13,82	9,42

Анализируя полученные результаты, необходимо отметить, что перевод трактора с высококлиренсного положения на низкоклиренсное приводит к увеличению продольной устойчивости универсально-пропашного трактора с регулируемым клиренсом на 26,39 % на подъеме и на 6,25 % на уклоне. Условие гарантированной устойчивости трактора на подъеме выполнено в двух положениях. При экстренном торможении на горизонтальной опорной поверхности и на уклоне устойчивость трактора обеспечена в обоих рассматриваемых положениях.

По вышеизложенной методике проведен также анализ устойчивости универсально-пропашного тракторас изменяемой базой в двух максимальной (2969 мм) и минимальной (2296 мм) положениях базы, при максимальной и минимальной колее передних (B_1) и задних (B_2) колес. При этом определены: предельные углы подъема, уклон косогора в статическом положении (табл. 2), углы сползания (табл. 3) и параметры поперечной устойчивости (табл. 4).

Анализируя полученные результаты, необходимо отметить, что увеличение базы на 673 мм приводит к увеличению продольной устойчивости универсально-пропашного тракторас изменяемой базой на 21,12 % на подъеме и на 17,08 % на уклоне. Изменение колеи не отражается на продольной устойчивости. Условие гарантированной устойчивости трактора на подъеме выполнено в двух положениях (I, II). При экстренном торможении на горизонтальной опорной поверхности и на уклоне устойчивость трактора обеспечена в обоих рассматриваемых положениях.

Определены углы сползания универсально-пропашного тракторас изменяемой базой на косогоре при заторможенных задних ведущих колесах в двух положениях базы трактора, при минимальной и максимальной колее.

Таблица 2
Влияние положение базы и колеи на продольную устойчивость трактора

Положение базы трактора	Углы продольного наклона ОП* (опрокидывания), градус			
	при колее $B_1/B_2 = 1420/1410$ мм		при колее $B_1/B_2 = 1820/1810$ мм	
	на подъеме	на уклоне	на подъеме	на уклоне
I положение	33,38	42,91	33,38	42,91
II положение	40,43	50,24	40,43	50,24
Изменение показателя, %	21,12	17,08	21,12	17,08

Таблица 3
Влияние положения базы и колеи на угол сползания трактора

Положение базы трактора	Углы продольного наклона ОП* (опрокидывания), градус			
	при колее $B_1/B_2 = 1420/1410$ мм		при колее $B_1/B_2 = 1820/1810$ мм	
	на подъеме	на уклоне	на подъеме	на уклоне
I положение	36,22	15,87	36,22	15,87
II положение	31,86	16,99	31,86	16,99
Изменение показателя, %	-12,04	7,06	-12,04	7,06

Таблица 4
Влияние положение базы и колеи на поперечную устойчивость трактора

Положение базы трактора	Углы продольного наклона ОП* (опрокидывания), градус	
	при колее $B_1/B_2 = 1420/1410$ мм	при колее $B_1/B_2 = 1820/1810$ мм
	I положение	26,07
II положение	26,07	32,11
Изменение показателя, %	0	0

Расчет показал, что при заторможенных задних ведущих колесах на косогоре увеличение базы на 673 мм приводит к уменьшению угла сползания на 12,04 % на подъеме и к увеличению угла сползания на 7,06 % на уклоне.

Согласно расчетным формулам определены параметры поперечной устойчивости трактора.

Анализ полученных результатов показывает, что увеличение колеи на 400 мм приводит к увеличению устойчивости универсально-пропашного тракторас изменя-

емой базой на 23,2%. Изменение базы на поперечную устойчивость трактора не оказывает влияния. Условие гарантированной поперечной устойчивости трактора на склоне выполнено только при максимальной колее.

Выводы. Возможность перевода универсально-пропашного трактора с регулируемым клиренсом в высококлиренсное положение способствует повышению его проходимости, а в низкоклинренсное положение – его устойчивости и безопасности. Кроме того распределение массы универсально-пропашного трактора с регулируемым клиренсом на четыре колеса вместо трех снижает отрицательное воздействие ходовых элементов на почву по сравнению с трехколесным трактором.

Возможность изменения базы универсально-пропашного трактора с одной стороны приводит к уменьшению ширины поворотной полосы, следовательно, вытопанной ходовой системой трактора без обработки площади, а с другой к устойчивости движения по неровной местности.

Основное назначение трактора при минимальной базе

– механизация полевых работ по посеву, возделыванию и уборке урожая сельскохозяйственных культур при его агрегатировании с навесными, полуприцепными или прицепными сельскохозяйственными машинами и орудиями. При укороченной базе радиус поворота, следовательно, размеры поворотных полос будут минимальными, что имеет немаловажное значение на мелко контурных участках, преобладающих в густонаселенных районах, а также в горной и предгорной местности.

При удлиненной базе трактор используется на транспортных, погрузочно-разгрузочных и других видах работ, где требуется устойчивость трактора, так как удлиненная база дает ему стабильность и устойчивость при движении по неровной местности (например, в горной и предгорной местности).

Таким образом, внесенные в конструкцию тракторов, разработанных в СКБ «Трактор» новые технические решения позволяют им работать в различных сферах сельского хозяйства республики в широком диапазоне.

Список использованной литературы:

1. Ахметов А.А. Передние мосты универсально-пропашного трактора хлопкового назначения. - Ташкент: "Фан", 2014. - 176 с.
2. Akhmetov A.A., Ahmedov Sh. Experimental sample of power means for cultivation of the cotton on six-row system // Proceedings of the III Tashkent International innovation forum. TIIF - 2017. From Innovative Ideas to Innovative Economy. - Tashkent, 2017. - P. 259–263.
3. Ахметов А.А., Усманов И.И., Фармонов Э., Асамов С.А. Универсально-пропашной трактор с изменяемой базой // EUROPEAN RESEARCH: сборник статей X Международной научно-практической конференции. В 3 ч. - Ч 3. - Пенза: МЦНС "Наука и Просвещение", 2017. – С. 104–107
4. Анилович В.Я., Водолажченко Ю.Т. Конструирование и расчет сельскохозяйственных тракторов. – М.: Машиностроение, 1976. - 456 с.
5. Мирошниченко А.Н. Основы теории автомобиля и трактора. - Томск: ТГАСУ, 2014. - 489 с.
6. Чудаков Д.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля. - М.: Колос, 1972. - 384 с.