

ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПОНОВКИ УЗЛОВ СПЕЦИАЛЬНОГО ГУСЕНИЧНОГО ТРАКТОРА ДЛЯ РАБОТЫ НА СКЛОНАХ

В. П. Горобей¹, доктор технических наук
В. Ю. Москалевич², кандидат технических наук

¹*ВННИИВуВ «Магарач» РАН, г. Ялта, Республика Крым, Россия, magarach@rambler.ru*

²*Институт «Агротехнологическая академия» ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского», п. Аграрное, Республика Крым, Россия, v_moskalevich@mail.ru*

Приведены результаты математического моделирования специального гусеничного трактора тягового класса 20 кН. Расчеты проводились в Excel и MathCAD для различных возможных длин гусениц шириной 200 и 300 мм при использовании стальных и резиноармированных гусениц. По результатам расчетов построены графики зависимостей горизонтальной и вертикальной координат центра тяжести трактора, угла поперечной устойчивости, давления движителей на почву и отношения опорной длины гусениц к ширине колеи трактора в зависимости от величины опорной длины гусениц.

Ключевые слова: трактор, моделирование, подвеска, опорная длина гусениц, устойчивость, параметры, центр тяжести, координаты, давление, угол, почва.

Введение. Создание прочной кормовой базы для общественного животноводства — важнейшая проблема дальнейшего развития сельскохозяйственного производства [1], а совершенствование машин и энергетических средств для их агрегатирования являются неотъемлемой частью решаемых задач. Среди почвообрабатывающих машин для механизации работ на лугах и пастбищах известны узкозахватные машины как, например, дисковая тяжелая прицепная борона БДТ-2,5А для ухода за лугами и пастбищами, луговая шарнирная борона БЛШ-2,3 для измельчения и растаскивания кротовин на пастбищах, прочесывания травостоя, рыхления и выравнивания заиленных площадей на заливных лугах. Фрезы навесные с изогнутыми ножами с заостренными режущими кромками, закрепленными на вращающемся барабане, такие как ФБН-0,9 с глубиной обработки на минеральных почвах до 18 см, на торфяных почвах до 20 см, также применяют для улучшения и освежения лугов и пастбищ. Машины навешивают на тракторы ДТ-54 и его модификации [2]. Для сплошной предпосевной обработки почвы на первом, втором и третьем этапах селекционно-семеноводческих работ с многолетними травами используется фреза ФНС-1,5, созданная по наработкам ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» [3], и конструктивно усовершенствованная ее модификация [4].

Система машин для комплексной механизации уборки трав на се-но в северных и северо-западных районах лесостепной зоны предусматривала использование, главным образом, узкозахватных машин и транспортных средств небольшой грузоподъемности [5].

К наиболее используемым для механизации технологических операций для работы с узкозахватными машинами относятся тракторы тягового класса 20 кН, такие как Т-54В, Т-70, ЛТЗ-155, Беларусь 1221/1222, из зарубежных — американские John Deere 60290, 6130D, New Holland T 6050 Delta, английский CASE IN Маххум 125, немецкий Deutz Agrofarm 430.

В настоящее время отмечается дефицит тракторов тягового класса 20 кН в сельскохозяйственных предприятиях и необходимость их разработки [6; 7].

Анализ исследований и публикаций. Тяговый КПД гусеничных тракторов на всех почвах выше, чем колесных. Гусеничные тракторы оказывают значительно меньшее давление на почву, имеют лучшую проходимость и меньший увод вниз по склону при движении поперек склонов (работают на склонах с уклонами 10–15°, а при уширенной гусенице — до 20–25°). В промышленных модификациях гусеничных тракторов повышается надежность их несущих и ходовых систем, они имеют высокую (70 % и более) унификацию с базовыми моделями, что значительно облегчает их производство и эксплуатацию [10].

Гусеничные тракторы тягового класса 20 кН в Российской Федерации не выпускаются. Прототипом отечественного универсального трактора тягового класса 25 кН можно считать универсально-пропашной трактор Т-70 (с его свекловичной и виноградниковой модификациями) производства АО «ТЗ «TRACOM» (бывший Кишиневский тракторный завод) [8].

Востребованными останутся как тракторы с колесным, так и гусеничным двигателем. Изменение гусеничного двигателя для сельскохозяйственных тракторов идет в направлении создания резиноармированных гусениц или их аналогов с целью снижения металлоемкости, стоимости и повышения ресурса [9].

Большие площади плодородных земель расположены в горной местности, что обусловило необходимость создания для горного земледелия специальных тракторов повышенной устойчивости, которые называют также крутосклонными.

Гусеничный трактор ДТ-75М тягового класса 36,5 кН имел улучшенную конструкцию по сравнению с ранее выпускавшимися тракторами ДТ-75 этого класса тяги мощностью 75 л. с. (55,16 кВт). В агрегате с сельскохозяйственными машинами трактор применялся для выполнения сельскохозяйственных операций общего назначения, а также на

землеройных, дорожных и строительных работах. Модификация трактора ДТ-75М-С4 комплектовалась двухточечной схемой механизма навески. Трактор ДТ-75К предназначен для работ на горных склонах крутизной до 20°. Для повышения боковой устойчивости поперечная база трактора увеличена за счет удлинения поперечных брусьев рамы, продольной — за счет опускания на грунт направляющих колес. Предельный угол поперечной статической устойчивости крутосклонного трактора против опрокидывания вправо (без предохранительного устройства) — 46,9°, а влево — 47,2°. По заказу потребителей на тракторы любой модификации дополнительно устанавливался независимый привод вала отбора мощности [11].

Специализированным трактором был признан узкогабаритный трактор Т-54 В тягового класса 25 кН. Узкогабаритный трактор Т-54В производили с 1967 г. на Кишиневском тракторном заводе (КТЗ). Машина предназначалась, главным образом, для работ на виноградниках, что определило некоторые конструктивные особенности этой модели. В основу трактора Т-54В легли инженерные решения, ранее воплощенные в тракторе МТЗ-50, выпускавшемся в Минске. Он считался одним из лучших в СССР, однако специализация новой модели на виноградниках потребовала существенных изменений конструкции. В первую очередь они коснулись ходовой части: колеса были заменены гусеницами [12]. Он выпускался в двух модификациях, которые отличаются между собой шириной колеи и, соответственно, шириной гусениц. Тракторы оборудуются гусеницами шириной 200 и 300 мм, задней навесной системой с двух- и трехточечным присоединением сельскохозяйственных машин и орудий. Предусмотрена также установка приводного шкива. При узкой гусенице, симметрично расположенной относительно опорных катков (Т-54В-С2), тракторы имеют колею 850 мм и габарит по пальцам гусениц 1050 мм. Их применяют для обработки узких междурядий (1,5–1,8 м) на работах, которые требуют относительно небольшого тягового усилия, поскольку максимальная расчетная величина усилия на низких передачах не обеспечивается сцепными свойствами гусениц. При установке гусениц шириной 300 мм (Т-54В-С1) колея трактора — 950 мм, а габарит по гусеницам — 1250 мм. В этих модификациях тракторы используются на виноградниках с шириной междурядий 2 м и более, а также на работах общего назначения [12; 13].

Прекращен выпуск этим же заводом и конструктивно более совершенного, созданного на базе трактора МТЗ-80, трактора универсально-пропашного гусеничного Т-70 с двигателем Д241Л мощностью 72 л. с., который имел модификации для возделывания винограда (Т-70В) и сахарной свеклы (Т-70С) [14; 15].

Гусеничные тракторы, в сравнении с колесными, обладают также

более высокой проходимостью и грузоподъемностью навесных устройств. Однако при работе этих тракторов с различными сельскохозяйственными машинами происходит постоянное изменение положения центра тяжести, что приводит к увеличению потерь на качение, нерациональному распределению нагрузки по опорной поверхности гусеничного движителя и, как следствие, снижает его тягово-сцепные свойства, повышает уплотняющее воздействие движителя на почву, способствует образованию колеи [16; 17].

Улучшение сцепных качеств движителя для повышения тягового усилия остается актуальным и в настоящее время. Перспективная техника должна иметь преимущества по эксплуатационному расходу топлива, снижению затрат на ее эксплуатацию, уменьшению времени на восстановление работоспособного состояния и снижению вероятности выхода из строя [9].

При агрегатировании с сельскохозяйственной машиной центр давления трактора смещается в ту или другую сторону от центра тяжести, в зависимости от приложенной нагрузки, при этом изменяются величины вертикальных реакций, вследствие чего ухудшаются тягово-сцепные свойства трактора [18].

Одной из актуальных проблем современного сельскохозяйственного производства является недостаточно эффективная работа известных мобильных энергетических средств (МЭС). Это связано, прежде всего, с низкими тягово-сцепными свойствами, снижением топливной экономичности и производительности МЭС в реальных условиях эксплуатации [19].

Цель исследований. Учитывая, что устойчивость является одним из основных показателей специального узкогабаритного гусеничного трактора, предназначенного для работы на склоновых опорных поверхностях, сопровождающейся смещением центра тяжести, что влияет на производительность машинно-тракторных агрегатов, целью настоящих исследований, в плане проработки перспективных решений, является определение важных составляющих параметров поперечной и продольной устойчивости трактора с модернизированной подвеской ходовой системы при помощи математического моделирования.

Материал и методы. При компоновке трактора необходимо обеспечить: наилучшие тяговые качества при сохранении управляемости и устойчивости путем правильного распределения давления на опоры ходовой системы при работе (с учетом опрокидывающего момента от тягового сопротивления и от веса навешенного орудия); хорошую поворотливость трактора, возможность маневрирования на узкой полосе и одновременно устойчивое сохранение заданного направления движения. При компоновке нового трактора предусматривается уменьшение

массы и максимальное смещение вперед центра тяжести для обеспечения равномерного распределения нормальных реакций почвы на гусеницы при работе под нагрузкой [20]. Один из важных эксплуатационных показателей проходимости трактора — устойчивость, которая характеризует его способность работать на продольных и поперечных уклонах без сползания и опрокидывания. Сохранение равновесия в поперечно-вертикальной плоскости называют поперечной, а в продольно-вертикальной плоскости — продольной устойчивостью машины. Устойчивость оценивают статическими углами продольного и поперечного уклонов, на которых может стоять, не опрокидываясь, заторможенный трактор без прицепа и навесной машины [21]. Модернизация и компоновка узлов узкогабаритного гусеничного трактора тягового класса 20 кН для работы, в том числе на склонах, и математическое моделирование его устойчивости осуществлялось на основе разработки принципиальной схемы к определению центра тяжести, с учетом конструктивных особенностей базового узкогабаритного трактора, снятого с производства [14]. Использованы экономико-статистический метод, математическое моделирование параметров ходовой системы на современной элементной базе. Обработка расчетных параметров и их графическое исполнение осуществлять с использованием программного обеспечения MS Excel, MathCAD, Компас-3D.

Результаты и обсуждение. Проанализированы конструкции, основные технологические особенности и технические характеристики отечественных гусеничных тракторов, в том числе специальных конструкций Т-50В, Т-54В, Т-70 (В, С), применяемых в различных виноградарских хозяйствах в настоящее время, а также импортные энергетические средства New Holland ТК4.100 и Agroclimber 410 F тягового класса 20 кН. Обобщены аналитические данные по недостаткам, а именно: ходовой части, силовым передачам, навесном устройстве, управлении, кабине, автоматизации.

Для обоснования параметров устойчивости узкогабаритного гусеничного трактора с новыми техническими решениями по оснащению современными двигателем, гидравлическим и навигационным оборудованием, кабиной и системами управления и навигации возьмем, в первую очередь, направление модернизации ходовой системы за счет установки резиноармированных гусениц на смешанной подвеске, которая является сочетанием полужесткой подвески остова трактора с индивидуальной подвеской катков тележки гусениц. В последнее время они появляются на промышленных тракторах, когда на тележках гусениц полужесткой подвески устанавливают индивидуально подрессоренные опорные катки. Такие подвески удачно сочетают преимущества обеих рассмотренных систем подрессоривания трактора [22]. При этом оси

качания тележек могут совпадать с осью ведущего колеса или располагаться впереди последних, а поперечные балансиры могут быть жесткими или с упругими элементами.

Ходовая система трактора должна обеспечивать [23]:

- высокие тягово-цепные качества и проходимость трактора;
- малое сопротивление движению трактора;
- допустимое уплотняющее воздействие движителя сельскохозяйственного трактора на почву (ГОСТ 26955–86);
- необходимую плавность хода трактора.

Преимущества резиноармированных гусениц (РАГ) следующие [23]:

- высокая долговечность (до 6000 ч), что примерно в два раза больше по сравнению с металлическими;
- возможность выполнения трактором транспортных работ на асфальтовом и бетонном покрытиях без их разрушения;
- меньшее на 25–30 % уплотняющее воздействие на почву при одинаковой ширине с металлическими гусеницами;
- возможность установки РАГ на серийный гусеничный трактор без переделки конструкции движителя;
- хорошая самоочищаемость от грязи при любой влажности грунта;
- форма грунтозацепов исключает сползание трактора при работе на склонах.

В узкогабаритных тракторах должна быть предусмотрена установка обтекателей, обеспечивающих проходимость в узких междурядьях. Ширину трактора уменьшают применением узких (шириной 200 мм) гусениц, сокращением ширины корпуса [20].

Ширину B_{Γ} по внешним кромкам гусениц (рис. 1) определяют из условия вписываемости в междурядье шириной A [23]:

$$B_{\Gamma} = A - 2y_3, \quad (1)$$

где y_3 – ширина защитной зоны, для виноградника $y_3 = 20$ – 25 см.

Ширину b звеньев гусениц находят по соотношению [20]:

$$b = \frac{\gamma_{\Gamma}}{1 + \gamma_{\Gamma}} B_{\Gamma}, \quad (2)$$

где γ_{Γ} – коэффициент, для узкогабаритных тракторов, равный 0,2–0,24.

Опорную длину L гусеницы определяют из условия получения среднего давления на почву $q = 4$ – 5 Н/см² [20]:

$$L = \frac{G}{2bq}. \quad (3)$$

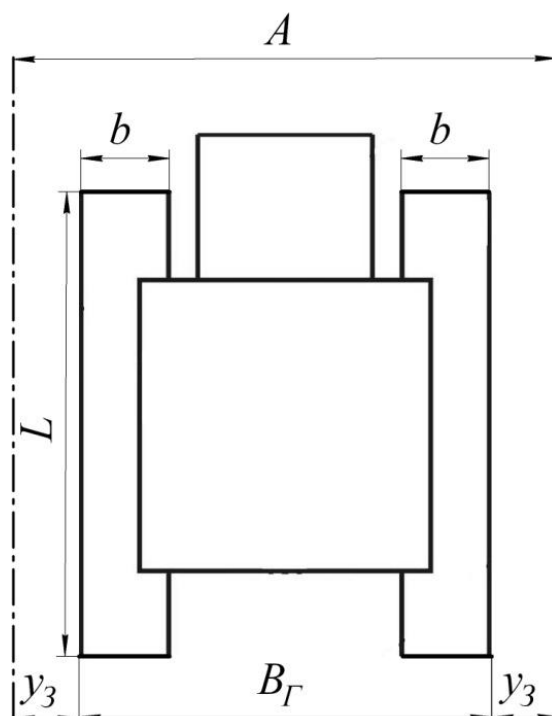


Рис. 1. Схема к обоснованию параметров движителей гусеничного трактора

Полученное значение L проверяют:

– на удельную тяговую нагрузку [20]:

$$P_s = \frac{P_H}{2Lb} \leq 2,5 \text{ Н/см}^2; \quad (4)$$

– на отсутствие отрыва от почвы переднего катка при действии номинального тягового сопротивления:

$$L \geq \frac{6h_{KP} \cdot P_H}{G}, \quad (5)$$

где h_{KP} – высота от опорной поверхности до крюка;

– на обеспечение поворотливости трактора [20]:

$$L/B \leq 2. \quad (6)$$

Определение координат центра тяжести гусеничного трактора является важнейшей ступенью при его проектировании. Его положение определяет равномерность или неравномерность расположения агрегатов, установленных на остова гусеничного трактора. От положения центра тяжести зависит и распределение нагрузки на опорную поверхность гусениц, а равномерное распределение нагрузки, в свою очередь, будет влиять на проходимость гусеничного трактора. Также положение центра тяжести будет определять устойчивость гусеничного трактора [20; 22].

Для определения центра тяжести гусеничного трактора необходимо знать ряд весовых и линейных параметров, а также определиться с общей компоновкой трактора.

Центр тяжести гусеничного трактора определяется по двум осям X , Y [24]. За базовую модель приняли трактор Т-70, характеристики которого даны в [15]. Из схемы общей компоновки видно, что основные агрегаты расположены на продольной оси трактора, следовательно, исходя из этого, видно, что центр тяжести гусеничного трактора будет находиться на продольной оси гусеничного трактора с незначительным отклонением в ту или иную сторону. Его положение по осям X и Y определяем расчетным путем.

При определении центра тяжести за базу отсчета линейных размеров по оси X принимаем вертикальную плоскость, проходящую через ось задних ведущих колес, а по оси Y — опорную поверхность (рис. 2).

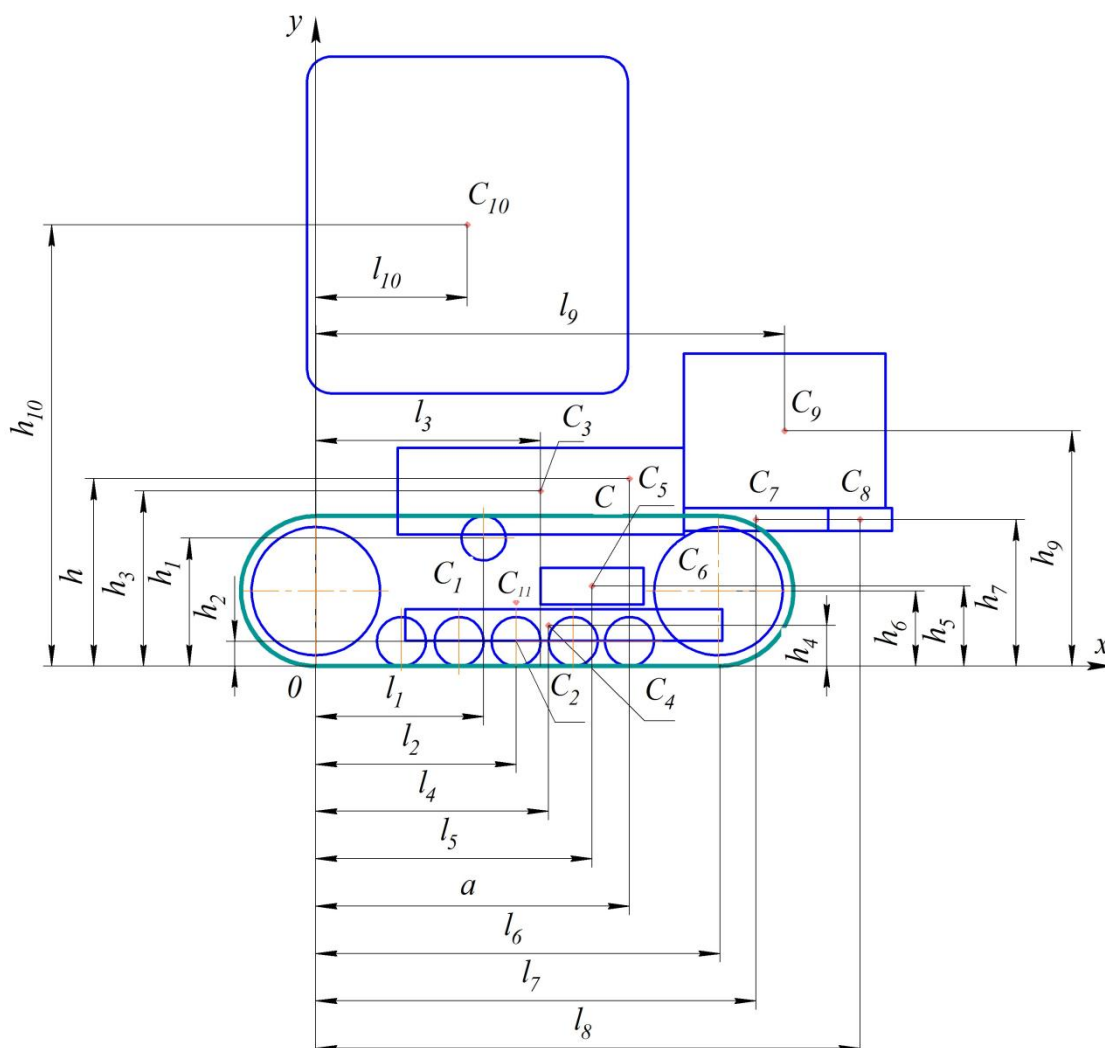


Рис. 2. Схема к определению центра тяжести гусеничного трактора

Координату a центра тяжести по оси X определяем по следующей формуле [24]:

$$a = \frac{\sum m_i \cdot l_i}{m}, \quad (7)$$

где $\sum m_i \cdot l_i$ – сумма произведений от i -х масс трактора на соответствующие расстояния ($l_1 \dots l_{10}$) от центров масс ($C_1 \dots C_{11}$) наиболее массивных узлов (рама, двигатель, корпус, КПП, задний мост, бортовые передачи, лонжероны, натяжители, направляющие колеса, гусеницы, опорные катки, поддерживающие катки, кабина, навесное устройство) до вертикальной плоскости, проходящей через ось задних ведущих колес, кг·м;

m – масса трактора, кг.

Координату h центра тяжести по оси Y определяем по аналогичной формуле [24]:

$$h = \frac{\sum m_i \cdot h_i}{m}, \quad (8)$$

где $\sum m_i \cdot h_i$ – сумма произведений от i -х масс трактора на соответствующие расстояния ($h_1 \dots h_{10}$) от центров масс ($C_1 \dots C_{11}$) наиболее массивных узлов до опорной поверхности, кг·м;

m – масса трактора, кг.

При работе трактора на поперечном уклоне одна из сторон трактора разгружается. При полной разгрузке одной из сторон наступает опрокидывание, которое определяется шириной колеи и вертикальной координатой центра тяжести. При достаточной твердости почвы опрокидывание гусеничных тракторов происходит вокруг оси, образуемой наружными боковыми кромками звеньев гусеницы. В этом случае угол поперечной устойчивости трактора можно определить из уравнения [24]:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{B+b}{h}, \quad (9)$$

где β – угол поперечной устойчивости трактора;

B – ширина колеи трактора;

b – ширина гусениц;

h – высота центра тяжести.

Для полного использования опорной длины L гусеницы величина смещения x_d центра давления не должна превышать $L/6$ [25; 26].

Расчеты проводились с использованием возможностей программного обеспечения Компас-3D, MS Excel и MathCAD, для различных возможных длин гусениц при их ширине b , равной 200 и 300 мм, при

использовании стальных и резиноармированных гусениц (РАГ). По результатам расчетов построены графики зависимостей горизонтальной a (рис. 3а) и вертикальной h (рис. 3б) координат центра тяжести трактора, давления q движителей на почву (рис. 4а) и угла β поперечной устойчивости (рис. 4б).

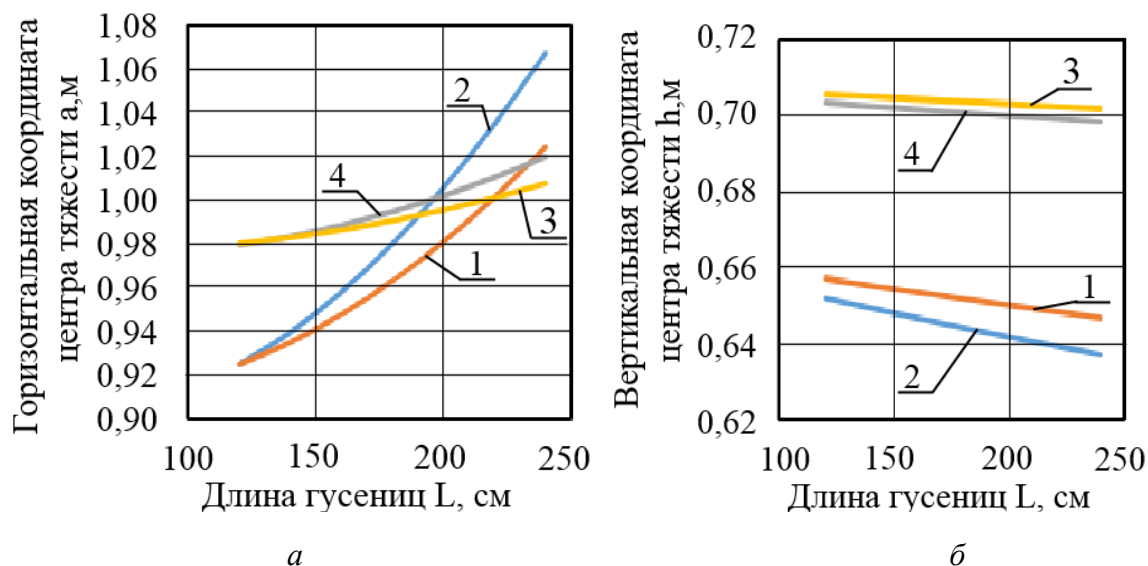


Рис. 3. Зависимости горизонтальной (а) и вертикальной (б) координат центра тяжести трактора от опорной длины гусениц различной ширины: металлической 1 – 200 мм; 2 – 300 мм и резиноармированной 3 – 200 мм; 4 – 300 мм

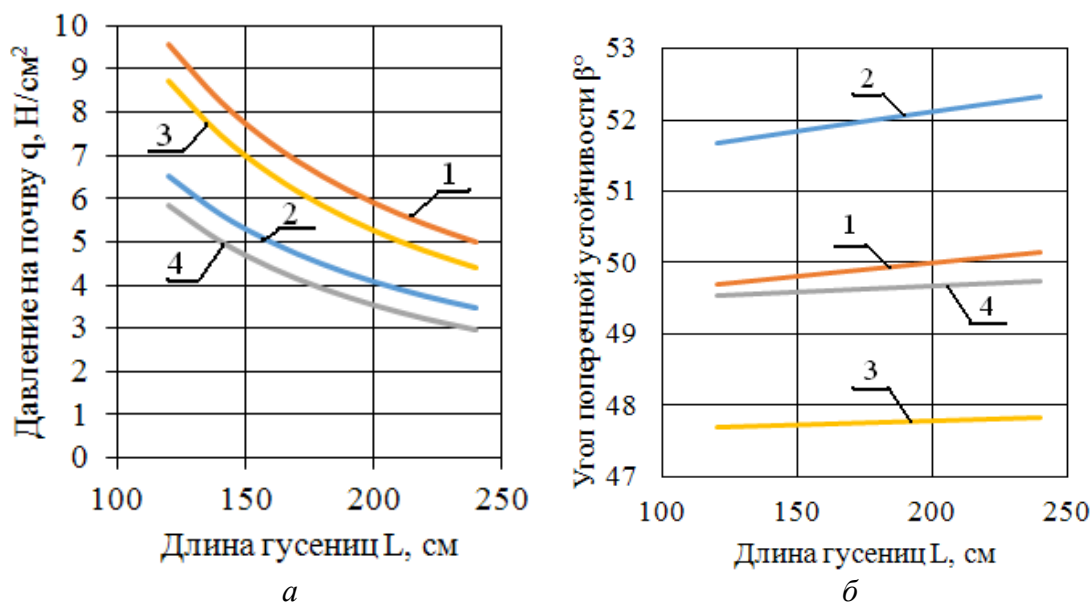


Рис. 4. Зависимости давления на почву (а) и угла поперечной устойчивости (б) трактора от опорной длины гусениц различной ширины: металлической 1 – 200 мм; 2 – 300 мм и резиноармированной 3 – 200 мм; 4 – 300 мм

Анализ графических зависимостей (рис. 3, 4) показывает, что в случае использования РАГ, увеличение их длины в меньшей степени влияет на величину смещения горизонтальной координаты центра тяжести трактора по сравнению со стальными гусеницами, при этом угол β поперечной устойчивости трактора остается в допустимых пределах ($\beta > 37^\circ$).

Давление q движителей трактора на почву не превышает допустимых значений 4–5 Н/см² при значениях длины L более 130 см гусениц шириной $b = 300$ мм и более 220 см шириной $b = 200$ мм для резиново-армированных гусениц (РАГ), а для стальных гусениц — только при длине L более 200 см для ширины гусениц $b = 300$ мм и более 240 см для ширины гусениц $b = 200$ мм.

Отношения опорной длины L гусениц к ширине колеи B трактора в зависимости от величины опорной длины L гусениц удовлетворяет условию поворотливости трактора $L/B \leq 2$, которое обеспечивается с увеличением опорной длины L гусениц до 240 см.

Выводы.

1. Результаты математического моделирования положения горизонтальной и вертикальной координат центра тяжести, а также угла поперечной устойчивости и давления на почву движителей базовой модели специального узкогабаритного трактора и перспективного трактора на резиново-армированной гусенице с учетом принятых в производственной практике ее ширины и длины, показали, что по условиям обеспечения поворотливости трактора и величины допустимого давления движителей на почву в пределах 4–5 Н/см² при ширине гусениц 300 мм длина опорной части стальных гусениц должна находиться в пределах от 200 до 240 см, а резиново-армированных гусениц — в пределах от 130 до 240 см.

2. При ширине гусениц 200 мм длина опорной части резиново-армированных гусениц должна находиться в пределах от 220 до 240 см.

3. Стальные гусеницы шириной 200 мм не применимы, так как их длина, обеспечивающая давление на почву в пределах 4–5 Н/см², должна быть больше 240 см, а это нарушает условие обеспечения поворотливости трактора.

4. Расчеты показали, что при указанных параметрах ходовой части обеспечивается как продольная, так и поперечная устойчивость перспективного гусеничного трактора.

Литература

1. Карпенко А. Н., Зеленев А. А., Халанский В. М. Сельскохозяйственные машины. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М. : Колос, 1976. – 512 с.

2. Карпенко А. Н., Зеленев А. А. Сельскохозяйственные машины. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1968.– 496 с.
3. Машины и лабораторное оборудование для селекционных работ в растениеводстве: Справ. Пособие / Под общ. ред. В. М. Дринчи. – Воронеж : НПО «МОДЭК», 2010. – 432 с.
4. Горобей В. П. Машины и средства механизации селекционно-опытных работ с полевыми культурами. – М. : ООО «Издательство Листерра», 2022. – 363 с.
5. Комаристов В. Е., Дунай Н. Ф. Сельскохозяйственные машины. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Колос, 1977. – 496 с.
6. Мощность двигателя трактора, оснащенного технологическим модулем / М. В. Сидоров, А. В. Лавров, В. А. Воронин, А. В. Сидорова // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2021. – Т. 15. № 2. – С. 33–40.
7. Актуальность разработки высокотехнологичных тракторов тяговых классов 0,6-2 / Р. Ю. Соловьев, С. В. Черяев, С. Б. Карякин [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 11. – С. 14–17.
8. К вопросу создания гусеничного трактора для современного сельскохозяйственного производства / В. М. Шарипов, А. Ю. Измайлов, А. С. Дорохов [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2018. – № 2. – С. 17–25.
9. Дидманидзе О. Н., Девянин С. Н., Парлюк Е. П. Трактор сельскохозяйственный: вчера, сегодня, завтра // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020. – № 21(1) – С. 74–85.
10. Шарипов В. М. Конструирование и расчет тракторов : учебник для студентов вузов. – М.: Машиностроение, 2009. – 752 с.
11. Родичев В. А., Пейсахович Б. И., Токарев В. А. Справочник сельского механизатора. – М. : Россельхозиздат, 1981. – 398 с.
12. Т-54В специальный гусеничный трактор Кишиневского тракторного завода. [Электронный ресурс] URL: <https://dzen.ru/a/XvmKh9JHYDzqLhJa> .
13. Протокол № 33-60-76 «И» от 15 ноября 1976 года контрольных испытаний трактора Т-54В «Болгар» изготовления 1975 года. – Херсон, Южно-Украинская МИС, 1976. – 110 с.
14. Технические характеристики трактора Т-70 [Электронный ресурс] URL: <https://kalibrtractor.ru/spetstehnika/t-70-traktor.html>.
15. Трактор Т-70С : учеб. пособие для сред. сел. проф.-техн. училищ. Технические данные и регулировочные параметры, устройство систем и механизмов, эксплуатационным неисправностям и способам их устранения. / А. Ф. Крыстя, А. П. Новиков, Ю. Г. Урасов, М. М. Харлан. – М. : Высшая школа, 1979. – 150 с.
16. Гребнев В. П., Поливаев О. И., Ворохобин А. В. Тракторы и автомобили. Теория и эксплуатационные свойства : учеб. пособие / под общ. ред. О. И. Поливаева. – М. : КНОРУС, 2016. – 260 с.
17. Ходовые системы тракторов (Устройство, эксплуатация, ремонт) : справочник / В. М. Забродский, А. М. Файнлейб, Л. Н. Кутин [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1986. – 271 с.
18. Зезетко Н. И. Определение оптимального положения центра тяжести колесного трактора // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2014. – № 2 (43). – С. 20–25.

19. Ворохобин А. В., Коржов С. И. Повышение эксплуатационных свойств гусеничного трактора регулированием положения центра тяжести // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4 (59). – С. 113–120.
20. Проектирование мобильных энергетических средств : пособие по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-36 12 01 «Проектирование и производство сельскохозяйственной техники» днев. и заоч. форм обучения / сост. П. Е. Родзевич. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2020. – 176 с.
21. Кленин Н. И., Попов И. Ф., Сакун В. А. Сельскохозяйственные машины. Элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы. – М. : Колос, 1970. – 456 с
22. Шарипов В. М. Конструирование и расчет тракторов : учебник для студентов вузов. – М. : Машиностроение, 2009. – 752 с.
23. Тракторы. Конструкция : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Наземные транспортные системы» и специальности «Автомобили и тракторостроение» / И. П. Ксенович, В. М. Шарипов, Л. Х. Арустамов [и др.] / Под общ. ред. И. П. Ксеновича, В. М. Шарипова. – М. : МГТУ «МАМИ», 2001. – 821 с.
24. Методика определения устойчивости трактора / С. В. Абрамов, И. Д. Нигматулин, В. В. Володин, Б. П. Загородских // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – 2014. – №1. – С. 48–50.
25. Тракторы: Теория / В. В. Гуськов, Н. Н. Велев, Ю. Е. Атаманов [и др.] / Под общ. ред. В. В. Гуськова. – М. : Машиностроение. – 1988. – 376 с.
26. Забавников Н. А. Основы теории транспортных гусеничных машин. – М. : Машиностроение, 1968. – 396 с.

PERSPECTIVES OF THE LAYOUT OF SPECIAL CATERPILLAR TRACTOR ASSEMBLY FOR WORK ON SLOPES

V. P. Gorobey, V. Yu. Moskalevich

The results of mathematical modeling of a special caterpillar tractor of traction class 2 are presented. Calculations were carried out in Excel for various possible lengths of caterpillars with their widths equal to 200 and 300 mm, using steel and rubber-reinforced caterpillars. Based on the calculation results, graphs of the dependences of the horizontal and vertical coordinates of the center of gravity of the tractor, the angle of lateral stability, the pressure of the propellers on the soil and the ratio of the reference length of the tracks to the width of the tractor track, depending on the value of the reference length of the tracks, were plotted.

Keywords: *tractor, modeling, suspension, track support length, stability, parameters, center of gravity, coordinates, pressure, angle, soil.*