

6. Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. – Л.: Колос, 1981. – 382 с.
7. Коршун В.Н. Энергетические параметры и режимы функционирования рабочих полевых машин // Тракторы и с.-х. машины. – 2010. – № 7. – С. 24–28.



УДК 630.37:001.891

В.Н. Холопов, В.А. Лабзин

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ С ПРЕПЯТСТВИЕМ

В статье представлено разделение области функционирования технических средств заготовки лесного сырья на 3 зоны, выполнена классификация лесных препятствий, определена возможность подъёма двухгусеничной машины на вертикальную стенку.

Ключевые слова: функционирование, технические средства, лесное сырье, классификация лесных препятствий, гусеницы, тяговое усилие, сцепление, вертикальная стенка.

V.N. Kholopov, V.A. Labzin

THE TRACKED VEHICLE INTERACTION WITH THE OBSTACLE

The division of the functioning field of the technical means for wood raw material harvesting into 3 zones is presented, the classification of forest obstacles is carried out, the opportunity to lift two-track vehicle on the vertical wall is determined in the article.

Key words: functioning, hardware, wood raw materials, classification of forest obstacles, caterpillars, traction effort, adhesion, vertical wall.

Введение. При разработке технических средств функционирования в местах массовой заготовки дикорастущего пищевого и лекарственного сырья, проведения лесоразработок и лесовосстановления целесообразно учитывать условия эксплуатации лесной техники применительно к трем зонам:

- тундра, лесотундра и подтаежная зона;
- лесная таежная зона;
- зона горных лесов.

Цель исследований. Разработать классификацию лесных препятствий и исследовать взаимодействие параметров двухгусеничной машины на вертикальную стенку подъёма.

Объект и методы исследований. Двухгусеничная машина, принятые допущения, исследование преодоления лесных препятствий.

В зависимости от преимущественных условий эксплуатации лесная машина может быть выполнена горной, болотоходной, плавающей, а также предназначеннной для работы в равнинно-холмистой местности. Каждая из модификаций лесной машины, предназначенная для функционирования в определённых зонах, должна иметь соответствующие конструктивные особенности, позволяющие ей безопасно выполнять необходимые технологические операции и иметь достаточно высокую проходимость, позволяющую преодолевать встречающиеся препятствия [1].

К характерным условиям функционирования лесной техники во всех трёх зонах относится пересеченная местность, представляющая собой совокупность различных препятствий естественного и искусственного происхождения, ориентированных в различных направлениях и расположенных в случайном порядке.

Препятствия, которые могут быть встречены лесной машиной, могут быть в виде неровностей опорной поверхности (бугры, ямы искусственного и естественного происхождения, овраги), а также в виде пней, поваленных деревьев, камней, кочек и др. Возможная классификация лесных препятствий применительно к указанным трём зонам представлена на рисунке 1.

Одним из препятствий, которые можно встретить во всех трёх зонах, является пороговое препятствие, имеющее в наиболее сложных случаях вертикальную стенку. Частными случаями порогового препятствия являются бугры, кочки, валёжины и т.д. Они не представляют особой трудности для их преодоления, поскольку характеризуются достаточно плавными изменениями углов наклона опорной поверхности к горизонту.

Теоретические исследования возможности преодоления пороговых препятствий проводились как для отдельного колеса, так и для машины в целом.

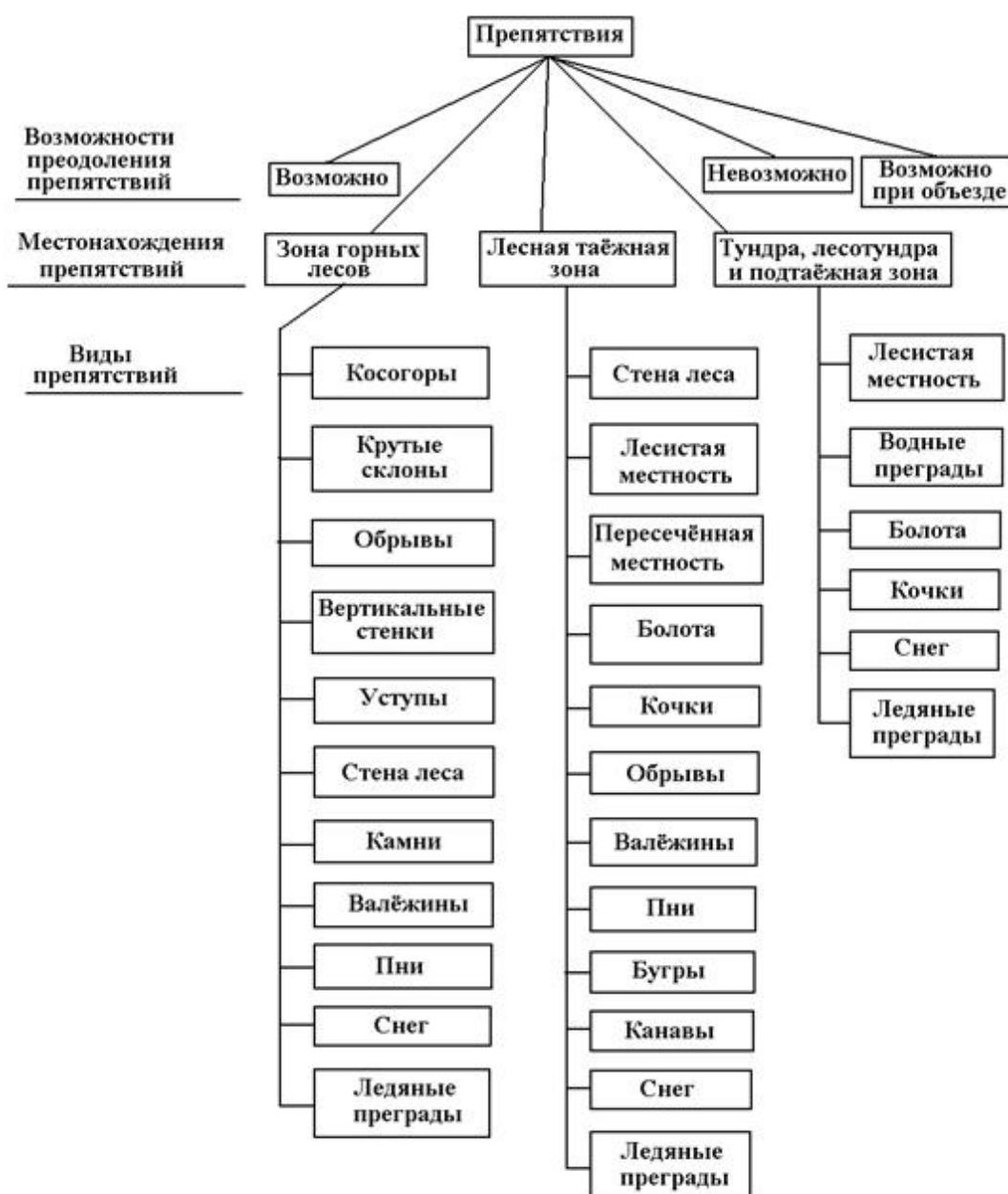


Рис. 1. Классификация лесных препятствий

Изучалось преодоление порогового препятствия неведущим колесом, ведущим колесом, жёстким и эластичным колесом и т.д. При проведении этих исследований полагалось, что колесо и машина находятся на горизонтальной площадке. Было показано, что высота преодолеваемого порогового препятствия зависит от того, ведущее колесо, или ведомое, от того, каков радиус колеса, имеется ли дополнительно приложенная к оси колеса толкающая сила.

Теоретических исследований преодоления пороговых препятствий гусеничной машиной в открытой печати обнаружить не удалось. В известных источниках информации [2–5 и др.] отмечалась лишь технология преодоления такого препятствия, а также рассуждения о влиянии на высоту преодолеваемого порогового препятствия различных конструктивных параметров гусеничной машины и характеристик опорной поверхности. В [5] приведена формула для определения высоты преодолеваемого порогового препятствия танком

$$h_3 = \frac{2A - B}{10}, \quad (1)$$

где A – полная длина танка (без пушки);

B – полная высота танка.

Формула составлена в предположении, что центр тяжести находится посередине длины танка и отстоит от земли на 0,4 его полной высоты, а сцепление гусениц с гребнем эскарпа достаточное.

Таким образом, конкретное влияние конструктивных параметров машины и связи её гусениц с опорной поверхностью в известных исследованиях не определено.

Определим возможность подъёма двухгусеничной машины на вертикальную стенку. Примем следующие допущения: двухгусеничная машина имеет ведущую звёздочку и натяжной каток, являющиеся одновременно и опорными катками (рис. 2).

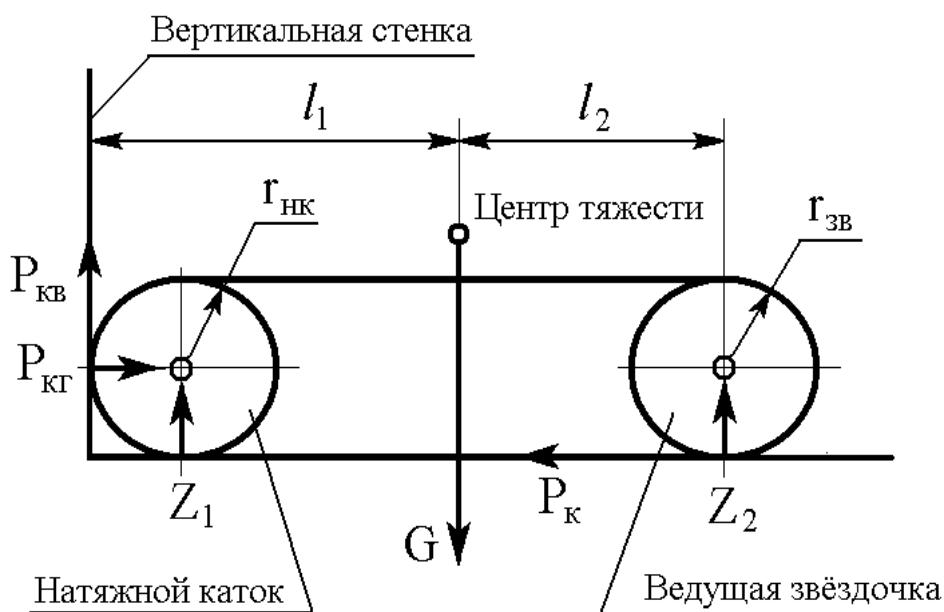


Рис. 2. Схема взаимодействия гусениц двухгусеничной машины с вертикальной стенкой

Составим уравнения равновесия машины.

Сумма моментов действующих сил относительно оси ведущей звёздочки

$$P_{кв}(l_1 + l_2) + Z_1(l_1 + l_2 - r_{к}) + P_{кг}(r_{нк} - r_{зв}) + P_{к}r_{зв} - Gl_2 = 0. \quad (2)$$

Сумма проекций действующих сил на вертикальную ось

$$P_{\kappa\theta} + Z_1 + Z_2 - G = 0. \quad (3)$$

Сумма проекций на горизонтальную ось

$$P_{\kappa} - P_{\kappa\theta} = 0. \quad (4)$$

В этих уравнениях:

$P_{\kappa\theta}$ — сила сцепления гусеницы с вертикальной стенкой;

Z_1 — нормальная реакция опорной поверхности на натяжной каток;

Z_2 — нормальная реакция опорной поверхности на ведущую звёздочку;

$P_{\kappa\theta}$ — нормальная реакция вертикальной стенки на натяжной каток;

P_{κ} — тяговое усилие гусеницы относительно опорной поверхности;

G — вес машины.

Кроме вышеуказанных, имеют место следующие уравнения:

$$P_{\kappa} = Z_2 \varphi_{\varepsilon}; \quad P_{\kappa\theta} = P_{\kappa\theta} \varphi_{\theta}, \quad (5)$$

где φ_{ε} — коэффициент сцепления гусеницы с горизонтальной опорной поверхностью;

φ_{θ} — коэффициент сцепления гусеницы с вертикальной стенкой.

Начало подъёма машины на вертикальную стенку характеризуется нулевым значением нормальной реакции опорной поверхности на натяжной каток. Уравнение (2) принимает тогда следующий вид:

$$P_{\kappa\theta} (l_1 + l_2) + P_{\kappa\theta} (r_{HK} - r_{3\theta}) + P_{\kappa} r_{3\theta} - Gl_2 = 0, \quad (6)$$

а уравнение (3)

$$P_{\kappa\theta} + Z_2 - G = 0. \quad (7)$$

С учётом уравнений (4), (5), (7) уравнение (6) после преобразований принимает следующий вид:

$$\varphi_{\varepsilon} (l_1 + l_2) + r_{HK} - \varphi_{\varepsilon} l_2 - \frac{l_2}{\varphi_{\varepsilon}} = 0. \quad (8)$$

Пусть

$$r_{HK} = r_{3\theta} K_{HK}, \quad (9)$$

где $\kappa_{hk} = \frac{r_{hk}}{r_{36}}$ – коэффициент, определяющий соотношение радиусов натяжного катка r_{hk} и ведущей звёздочки r_{36} гусеницы.

Тогда

$$\varphi_e (l_1 + l_2) + r_{36} \kappa_{hk} - \varphi_e l_2 - \frac{l_2}{\varphi_e} = 0, \quad (10)$$

или

$$\varphi_e \varphi_e l_1 + r_{36} \kappa_{hk} \varphi_e - l_2 = 0. \quad (11)$$

Коэффициент сцепления гусеницы относительно вертикальной стенки в общем случае не равен коэффициенту сцепления гусеницы с горизонтальной опорной поверхностью. Введём коэффициент κ_{cp} , определяющий соотношение коэффициентов сцепления относительно вертикальной стенки и горизонтальной опорной поверхности.

$$\kappa_{cp} = \frac{\varphi_e}{\varphi_e}; \quad \varphi_e = \kappa_{cp} \varphi_e. \quad (12)$$

Подставим значение коэффициента сцепления относительно вертикальной стенки из (12) в (11).

$$\kappa_{cp} l_1 \varphi_e^2 + r_{36} \kappa_{hk} \varphi_e - l_2 = 0. \quad (13)$$

Решим уравнение (13) и определим минимальное значение коэффициента сцепления относительно горизонтальной поверхности, при котором возможен подъём передней части гусеничной машины на вертикальную стенку. Поскольку коэффициент сцепления не может быть отрицательным, решение уравнения имеет вид

$$\varphi_e = \frac{-r_{36} \kappa_{hk} + \sqrt{r_{36}^2 \kappa_{hk}^2 + 4 \kappa_{cp} l_1 l_2}}{2 \kappa_{cp} l_1}. \quad (14)$$

Разделим числитель и знаменатель на l_1 и получим безразмерное уравнение, определяющее минимальное значение коэффициента сцепления гусеницы с горизонтальной опорной поверхностью, обеспечивающее подъём натяжного катка на вертикальную стенку.

$$\varphi_e = \frac{-\bar{r}_{36} \kappa_{hk} + \sqrt{\bar{r}_{36}^2 \kappa_{hk}^2 + 4 \kappa_{cp} \bar{l}_2}}{2 \kappa_{cp}}, \quad (15)$$

здесь $\bar{r}_{36} = \frac{r_{36}}{l_1}$; $\bar{l}_2 = \frac{l_2}{l_1}$.

Если коэффициенты κ_{hk} и κ_{cp} равны единице, то

$$\varphi_e = -0,5 \bar{r}_{36} + \sqrt{0,25 \bar{r}_{36}^2 + \bar{l}_2}. \quad (16)$$

Проанализируем уравнение (15).

График, представленный на рисунке 3 и построенный при $k_{cp} = [0,5; 1,0; 1,5]$, $r_{3B} = 0,1$, показывает, что минимально необходимый для подъёма на вертикальную стенку передней части гусеницы (натяжного катка) коэффициент сцепления гусеницы с горизонтальной поверхностью уменьшается при уменьшении отношения расстояния от центра тяжести гусеничной машины до оси ведущей звёздочки к расстоянию от центра тяжести машины до оси натяжного катка. Другими словами, чем ближе расположен центр тяжести машины к оси ведущей звёздочки, тем минимально необходимый коэффициент сцепления гусеницы с горизонтальной поверхностью будет меньше. Необходимый коэффициент сцепления уменьшается и при увеличении радиуса натяжного катка в сравнении с радиусом ведущей звёздочки, другими словами, с увеличением расстояния от оси натяжного катка до горизонтальной опорной поверхности.

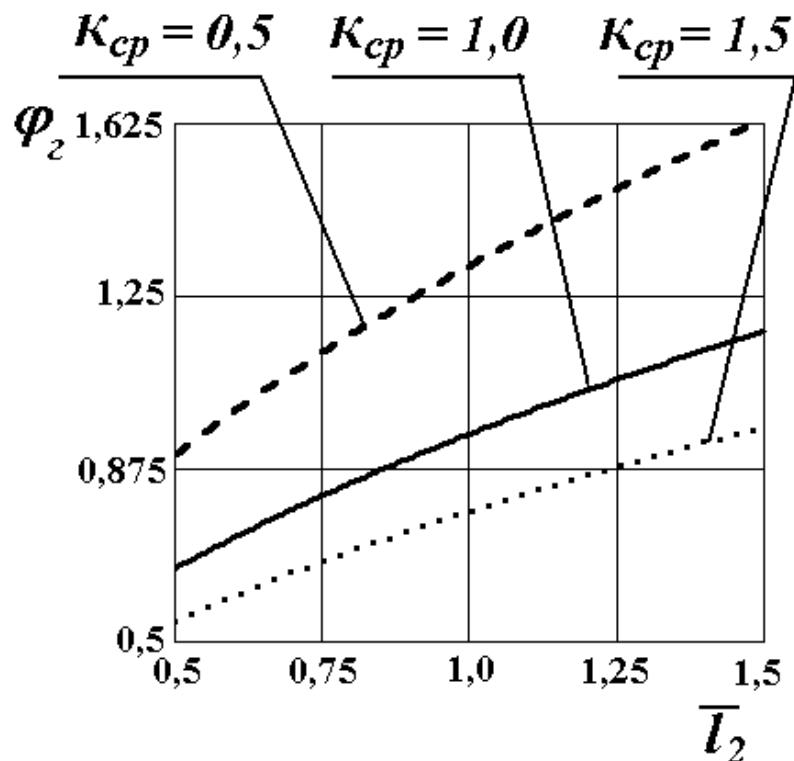


Рис. 3. Зависимости минимального значения коэффициента сцепления гусеничной машины с горизонтальной поверхностью

График, приведенный на рисунке 4 и построенный при $k_{hk} = [0,5; 1,0; 1,5]$, $r_{3B} = 0,1$ показывает, что минимально необходимый для подъёма на вертикальную стенку передней части гусеницы (натяжного катка) коэффициент сцепления гусеницы с горизонтальной поверхностью существенно зависит от соотношения коэффициентов сцепления гусеницы с горизонтальной и вертикальной поверхностями. Чем больше коэффициент сцепления гусеницы с вертикальной стенкой $k_{cp} > 1$, тем минимально необходимый для подъёма на вертикальную стенку натяжного катка коэффициент сцепления с горизонтальной поверхностью будет меньше.

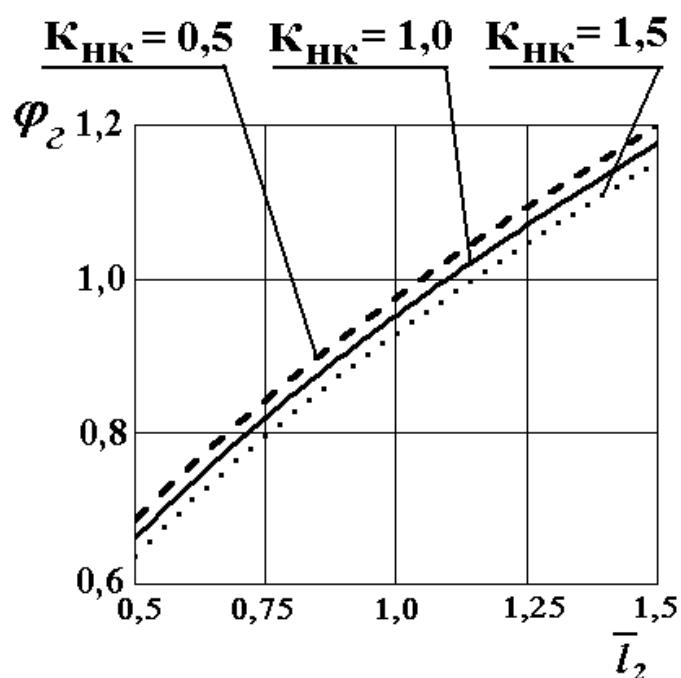


Рис. 4. Зависимости минимального значения коэффициента сцепления гусеничной машины с горизонтальной поверхностью

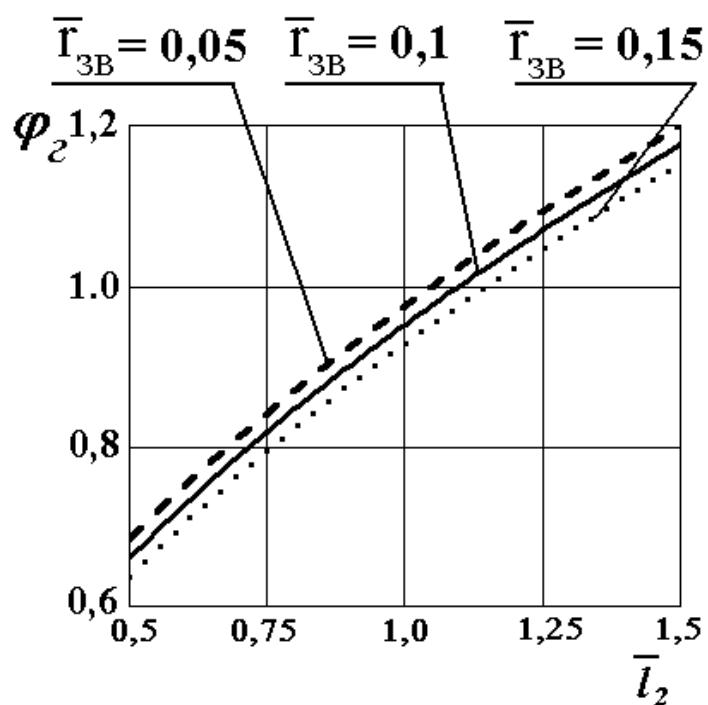


Рис. 5. Зависимости минимального значения коэффициента сцепления гусеничной машины с горизонтальной поверхностью

График, приведенный на рисунке 5 и построенный при $\bar{r}_{3B} = [0,05; 0,1; 0,15], k_{cp} = 1, k_{HK} = 1$, показывает, что уменьшение минимально необходимого коэффициента сцепления гусеницы с горизонтальной поверхностью обеспечивает увеличение радиуса ведущей звёздочки.

Выводы. С подъёмом передней части гусеничной машины на вертикальную стенку увеличивается угол наклона машины, при этом уменьшаются необходимые для этого подъёма тяговые усилия гусениц.

При определённых конструктивных параметрах гусеничной машины и реальных коэффициентах сцепления гусениц подъём на вертикальную стенку передней части гусениц возможен.

Литература

1. Лабзин В.А., Холопов В.Н. Лесные сочленённые гусеничные машины. – Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2006. – 248 с.
2. Агейкин Я.С. Проходимость автомобилей. – М.: Машиностроение, 1981. – 232 с.
3. Малкин М.А. Метод повышения профильной проходимости полноприводного автомобиля за счёт применения регулируемого силового привода колёс: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 2011.
4. Смирнов Г.А. Теория движения колёсных машин. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.
5. Танк / А.С. Антонов, Б.А. Артамонов, Б.М. Коротков [и др.]. – М.: Воен. изд-во Министерства обороны СССР, 1954.



УДК 629.114.2

Н.И. Селиванов, Ю.Н. Макеева

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ ДЛЯ ЗОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЧВООБРАБОТКИ

Предложены модели и алгоритм адаптации колесных 4к4а тракторов к зональным технологиям почвообработки. Обоснованы тягово-скоростные режимы и интервалы изменения их эксплуатационной массы путем балластирования для разных операций основной обработки почвы.

Ключевые слова: адаптация, балластирование, масса, параметры, трактор, тяговый режим, реакция почвы, технология почвообработки.

N.I. Selivanov, Yu.N. Makeeva

OPERATION PARAMETERS OF WHEELED TRACTORS FOR ZONAL TILLAGE TECHNOLOGY

The models and the adaptation algorithm of wheeled 4k4a tractors to zonal tillage technology are offered. The traction-speed modes and intervals of the operating weight change by means of ballasting for different primary tillage operation are substantiated.

Key words: adaptation, ballasting, weight, parameters, tractor, traction mode, soil reaction, tillage technology.

Введение. В структурной схеме многоуровневой адаптации колесных тракторов общего назначения к зональным технологиям основной обработки почвы оптимизация массоэнергетических параметров является главной задачей второго уровня [1]. На этом уровне предусматривается обоснование энергетического потенциала $(\xi_N N_{e\sigma})^*$ и эксплуатационной массы m_{σ}^* трактора для установленных групп родственных операций [2] основной обработки почвы с учетом природных