

## ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ КОЛЁСНОГО ТРАКТОРА КОРРЕКТИРОВАНИЕМ ВЕРТИКАЛЬНЫХ НАГРУЗОК НА КОЛЁСА

Андрей Викторович Ворохобин

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

В сельскохозяйственном производстве колёсными универсально-пропашными тракторами выполняется большой объём работ. Условия их выполнения очень разнообразны как по агроландшафту, так и по тягово-сцепным свойствам. В Центрально-Чернозёмном регионе около 28% сельскохозяйственных угодий расположено на склонах с углами 5–7°. Установлено, что на склоне 8–10° полезная тяговая мощность трактора снижается на 25–27%, а боковое смещение машины от технологической колеи приводит к снижению биологической урожайности, ухудшению условий труда механизатора и нарушению эргономических требований. Известен ряд способов повышения устойчивости движения колёсных тракторов, общим недостатком которых является невозможность адаптации к внешним условиям. Дополнительное ухудшение показателей устойчивости происходит при движении в сложных по проходимости дорожных условиях. Одним из перспективных направлений повышения эффективности использования колёсных тракторов при движении в таких условиях является применение корректирования вертикальных нагрузок на колёса. Рассматривается возможность такого корректирования посредством регулируемого положения балластного груза как в продольном, так и поперечном направлении. Установлено, что степень балластирования передних колёс трактора можно регулировать изменением как веса балластного груза  $G_{гр}$ , так и его положения относительно передней оси трактора  $a_{гр}$ . При этом регулирование степени балластирования путём изменения  $a_{гр}$  уменьшает вес трактора за счёт снижения  $G_{гр}$ . Это позволяет уменьшить момент сопротивления перекачиванию агрегата в среднем на 5–8%. Регулирование степени балластирования в поперечном направлении обеспечивает выравнивание вертикальных нагрузок на колёсах при работе трактора на поперечном склоне, что повышает устойчивость движения и обеспечивает оптимальную нагрузку на каждом колесе по критерию допустимого буксования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: трактор, балластный груз, регулирование, вертикальные нагрузки, корректирование, устойчивость.

## IMPROVING THE STABILITY OF A WHEELED TRACTOR MOTION BY ADJUSTING VERTICAL LOADS ON THE WHEELS

Andrey V. Vorokhobin

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

In agricultural production, wheeled universal arable tractors perform a large amount of work. The conditions for their implementation are very diverse both in the agricultural landscape and in traction & coupling properties. In the Central Chernozem Region, about 28% of agricultural land is located on slopes with angles of 5–7°. It was found that on a slope of 8–10°, the useful traction power of the tractor decreases by 25–27%, and the lateral displacement of the machine from the technological track leads to a decrease in productivity, deterioration in the working conditions of the machine operator and violation of ergonomic requirements. There are a number of ways to increase the stability of the wheeled tractor motion, a common disadvantage of which is the inability to adapt to external conditions. Additional deterioration of stability indicators occurs when driving in difficult road conditions. One of the promising directions for improving the efficiency of the use of wheeled tractors when driving in such conditions is the use of correction of vertical loads on the wheels. The possibility of such a correction by means of an adjustable position of the ballast load in both the longitudinal and transverse directions is considered. It is established that the degree of ballasting of the front wheels of the tractor can be adjusted by changing both the weight of the ballast load and its position relative to the front axle of the tractor. At the same time, adjusting the degree of ballasting by changing its position relative to the front axle reduces the weight of the tractor. This reduces antitorque resistance of the unit by an average of 5–8%. Adjusting the degree of ballasting in the transverse direction ensures the alignment of the vertical loads on the wheels when the tractor is on a cross slope, which increases the stability of the motion and ensures the optimal load on each wheel according to the criterion of permissible slipping.

KEYWORDS: tractor, ballast load, regulation, vertical loads, correction, stability.

**В** сельскохозяйственном производстве колёсными тракторами выполняется большой объём работ. Условия выполнения этих работ очень разнообразны как по агроландшафту, так и по тягово-сцепным свойствам.

В работе [12] И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова и Е.П. Яковлева анализируют сельскохозяйственные угодья Центрального Чернозёмья. Показано, что распахиваются в основном (76%) равнинные участки агроландшафтов. Однако 24% пашни расположено на эрозионно опасных склонах. Практически повсеместно во всех областях ЦЧР распахиваются и более крутые эрозионно опасные склоны. На пологих, слабо эрозионно опасных склонах (2–5°) расположен 51% пашни в Белгородской области, 28% пашни – в Курской области, 16–19% – в Воронежской и Липецкой областях, 6% – в Тамбовской области. На слабопокатых эрозионно опасных склонах (5–7°) расположено 4, 3, 2 и 1% площади пашни соответственно в Белгородской, Воронежской, Курской и Липецкой областях.

Уклоны рельефа в значительной степени определяют особенности экосистем и хозяйственной деятельности. Наличие уклонов рельефа в сочетании с тяжёлым гранулометрическим составом почв и выпадением осадков представляют большую эрозионную опасность и способствуют развитию водной эрозии. Равнинные угодья с небольшими уклонами (до 1°) и со слабовыраженными склонами (до 2°) преобладают на территории всех областей ЦЧР.

Около 28% площади сельскохозяйственных угодий ЦЧР расположены на эрозионно опасных склонах и распределены по уклонам рельефа следующим образом. На пологих слабо эрозионно опасных склонах (2–5°) находится 21% площади сельскохозяйственных угодий; на слабопокатых эрозионно опасных склонах (5–7°) – 4% угодий; на покатых сильно эрозионно опасных склонах (7–10°) – 2% угодий; на крутых особо эрозионно опасных склонах (более 10°) – 1% площади угодий.

Возделывание склоновых сельскохозяйственных угодий оказывает определённое влияние на показатели работы мобильных энергетических средств. Установлено, что начиная уже с уклона местности 5–7°, происходит значительное уменьшение поступательной скорости машинно-тракторного агрегата. На склоне 8–10° полезная тяговая мощность снижается на 25–27%. Кроме того, боковое смещение машины от технологической колеи приводит к снижению биологической урожайности, ухудшению условий труда механизатора и нарушению эргономических требований.

Таким образом, устойчивость является важной характеристикой, оказывающей влияние на эксплуатационные показатели работы машинно-тракторного агрегата в целом.

Из литературных источников известны следующие основные способы повышения устойчивости движения. Это использование низкоклинренсных тракторов, установка сдвоенных колёс, съёмных уширительных ободьев, противовесов и др. [1, 3, 4, 7]. Повлиять на устойчивость движения можно, меняя давление в шинах колёс, поскольку при этом также будет меняться величина боковых упругих сил, а следовательно, и углы увода шин.

Все вышеперечисленные способы позволяют уменьшить вероятность опрокидывания тракторного агрегата при работе на склоне. Однако они обладают малой эффективностью, поскольку не являются адаптивными к внешним условиям.

Для повышения устойчивости движения вдоль горизонтали склона необходимо компенсировать боковой увод колёс трактора. Это можно реализовать, подвернув их вверх по склону на величину угла увода, причём возможен поворот как колёс только первой оси, так и всех управляемых колёс.

Так, в работе [8] описан способ, когда подворачиваются все управляемые колёса трактора, при этом уменьшаются боковые реакции на колёсах, а следовательно, и боковой увод агрегата. Эффективность предложенного способа подтверждена результатами проведённых исследований. В частности, установлено, что поворот задних колёс трак-

тора оказывает существенное влияние на курсовую устойчивость движения. Однако В.С. Стеновский, В.В. Реймер и С.В. Юмакаева отмечают, что поворот колёс при движении на склонах больших углов приводит к росту сопротивления движению, то есть необходимо адаптировать подруливание управляемыми колёсами в зависимости от условий движения.

Ухудшается устойчивость трактора и при движении в сложных по проходимости дорожных условиях. Это вызвано низкими тягово-сцепными свойствами колёсных тракторов. Одним из широко применяемых способов повышения тягово-сцепных свойств колёсных тракторов является балластирование [2, 5, 13]. Установка балластных грузов оказывает влияние на распределение вертикальных нагрузок по осям, а следовательно, на устойчивость движения трактора. Однако это распределение является нерегулируемым, что снижает эффективность применения балласта. Автоматизация изменения положения балластного груза позволит корректировать вертикальные нагрузки по колёсам трактора в зависимости от условий движения, что будет способствовать улучшению эксплуатационных показателей агрегата [2].

Таким образом, целью исследований является повышение устойчивости колёсного трактора корректированием вертикальных нагрузок при движении по неровной поверхности.

Исследован вариант движения колёсного трактора с навесной сельскохозяйственной машиной на подъём. Особенностью представленного агрегата является возможность регулирования положения балластного груза в продольном направлении (рис. 1).

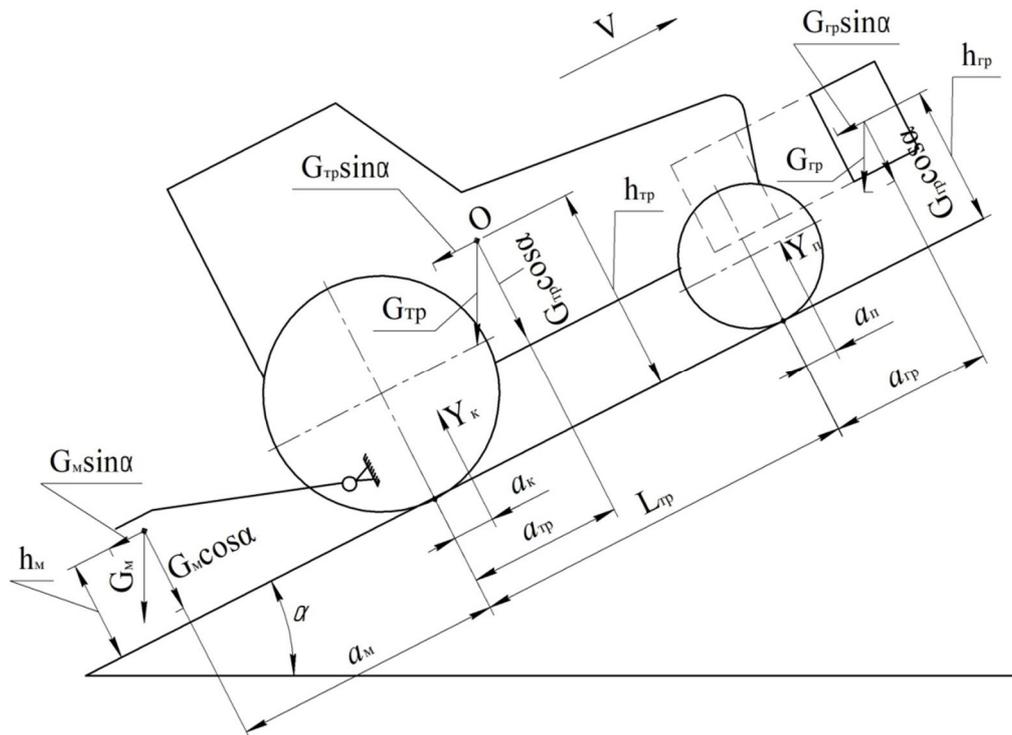


Рис. 1. Схема сил, действующих на колёсный трактор с навесной сельскохозяйственной машиной при её транспортном положении и регулируемом в продольном направлении положении балластного груза:  $G_{тр}$ ,  $G_m$ ,  $G_{гр}$  – вес соответственно трактора, навесной сельскохозяйственной машины и балластного груза;  $Y_п$ ,  $Y_к$  – вертикальные реакции соответственно на передние и задние колёса трактора;  $a_{тр}$  – продольная координата центра тяжести трактора;  $a_m$  – расстояние от задней оси трактора до центра тяжести навесной сельскохозяйственной машины;  $a_{гр}$  – расстояние от передней оси трактора до центра тяжести балластного груза;  $L_{тр}$  – продольная база трактора;  $h_{тр}$ ,  $h_m$ ,  $h_{гр}$  – высота приложения центра тяжести соответственно трактора, навесной сельскохозяйственной машины и балластного груза;  $a_п$ ,  $a_к$  – плечо действия соответственно вертикальной реакции на передние и задние колёса трактора

Рассмотрим транспортное положение навесной машины, так как в этом случае условная вертикальная нагрузка  $G_m$  от действия навесной машины оказывает наибольшее влияние на соотношение нормальных реакций почвы на передние  $Y_n$  и задние  $Y_k$  колёса трактора. При таком варианте имеет место наибольшая разгрузка передних колёс трактора по сравнению с движением без навесной машины или при её рабочем положении. При рабочем положении навесной машины вертикальная нагрузка, передаваемая от неё на колёса трактора, во многих случаях меньше  $G_m$  в результате влияния силового воздействия рабочих органов и опорных колёс этой машины [2].

Для представленной на рисунке 1 схемы имеем следующие выражения для определения вертикальных реакций почвы на передние  $Y_n$  и задние  $Y_k$  колёса трактора:

$$Y_n = \frac{G_{тр.о} (\cos \alpha \cdot a_{тр} - \sin \alpha \cdot h_{тр}) - G_m (\cos \alpha \cdot a_m + \sin \alpha \cdot h_m) + G_{гр} (\cos \alpha (L_{тр} + a_{гр}) - \sin \alpha \cdot h_{гр}) - M_f}{L_{тр}}, \quad (1)$$

$$Y_k = \frac{G_{тр.о} \cdot (\cos \alpha (L_{тр} - a_{тр}) + \sin \alpha \cdot h_{тр}) + G_m \cdot (\cos \alpha (L_{тр} + a_m) + \sin \alpha \cdot h_m) - G_{гр} (\cos \alpha \cdot a_{гр} + \sin \alpha \cdot h_{гр}) + M_f}{L_{тр}}, \quad (2)$$

где  $G_{тр.о}$  – вес трактора без балластного груза;

$M_f = Y_k \cdot a_k + Y_n \cdot a_n$  – суммарный момент сопротивления перекачиванию.

Момент сопротивления перекачиванию агрегата  $M_f$  для транспортного положения навесной машины представим в следующем виде [6]:

$$M_f = G_a \cdot P_f = (G_{тр.о} + G_m + G_{гр}) \cdot f_{тр} \cdot \frac{r_n + r_k}{2}, \quad (3)$$

где  $G_a$  – суммарный вес навесного агрегата при транспортном положении навесной машины;

$P_f$  – сила сопротивления качению;

$r_n, r_k$  – радиусы качения соответственно передних и задних колёс трактора,

$f_{тр}$  – коэффициент сопротивления качению трактора (принят одинаковым для передних и задних колёс).

Решим уравнения (1) и (2) для следующих вариантов:

- движение без балластного груза;

- движение с балластным грузом, но без регулирования его положения;

- движение с балластным грузом и регулированием его положения в продольном направлении.

Расчёты проведены для трактора тягового класса 2,0 в агрегате с навесной сельскохозяйственной машиной.

Исходные данные для расчёта:

$G_{тр.о} = 45,5$  кН;

$G_m = 7,9$  кН;

$G_{гр} = 6,5$  кН;

$a_{тр} = 0,95$  м;

$a_m = 2$  м;

$L_{тр} = 2,45$  м;

$B = 1,7$  м [9].

Результаты расчёта приведены графически на рисунке 2. Так как вертикальная реакция на задние колёса трактора  $Y_k$  изменяется незначительно, то построим только зависимость вертикальной реакции на передние колёса  $Y_p$ .

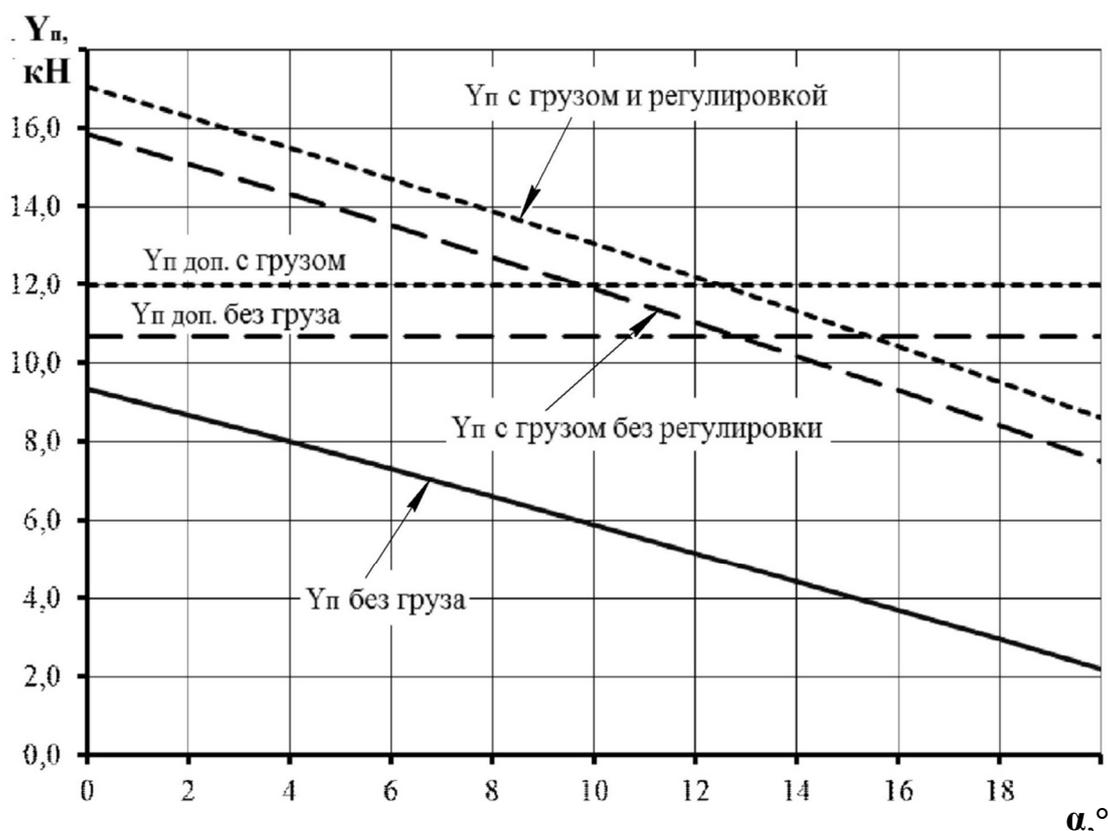


Рис. 2. Изменение вертикальной реакции на передние колёса трактора при движении без балласта, с нерегулируемым и с регулируемым балластом в зависимости от угла подъёма

Из анализа зависимостей на рисунке 2 следует, что при увеличении угла подъёма вертикальные реакции на передние колёса трактора снижаются. При этом с учётом критерия сохранения удовлетворительной управляемости на график нанесены линии допустимой нагрузки на передние колеса ( $Y_{п, доп}$ ) соответственно без груза и с балластным грузом. Таким образом, при движении с нерегулируемым балластным грузом управляемость ухудшается при угле  $10^\circ$ , а при регулировании положения балластного груза – при угле  $12^\circ$ .

Для обоснования целесообразности регулирования момента от действия балластного груза, равного  $M_{гр} = G_{гр} \cdot a_{гр}$ , введём коэффициент  $\lambda_b = \frac{G_{гр}}{G_{тр,о}}$ , характеризующий степень балластирования.

Кроме того, для оценки изменения нагрузок на переднюю и заднюю оси трактора от действия балластного груза введём коэффициенты

$$\lambda_p = \frac{Y_{п,i}}{Y_{п,о}} \text{ и } \lambda_k = \frac{Y_{к,i}}{Y_{к,о}},$$

где  $Y_{п,i}$  и  $Y_{к,i}$  – текущее значение вертикальных реакций соответственно на передние и задние колёса;

$Y_{п,о}$  и  $Y_{к,о}$  – значение вертикальных реакций соответственно на передние и задние колёса без балластного груза, но с навесной машиной.

На рисунке 3 представлена графическая зависимость коэффициентов нагрузки на передние  $\lambda_{п}$  и задние  $\lambda_{к}$  колёса от коэффициента, характеризующего степень переднего балластирования трактора  $\lambda_{б}$  при  $a_{гр} = 0$  м и  $a_{гр} = 1$  м. Весовые и геометрические параметры, входящие в эти уравнения, приняты примерно равными параметрам тракторов 4К4а тягового класса 2.

На рисунке 3 видно, что при увеличении степени балластирования за счёт  $G_{гр}$  (при  $a_{гр} = 0$ ) коэффициент нагрузки на переднюю ось трактора  $\lambda_{п}$  возрастает, а коэффициент нагрузки на заднюю ось трактора  $\lambda_{к}$  не изменяется. В другом случае ( $a_{гр} > 0$ ) при увеличении степени балластирования изменение нагрузки на переднюю ось трактора  $\lambda_{п}$  происходит интенсивней, чем в первом варианте, так как уменьшается нагрузка на заднюю ось трактора  $\lambda_{к}$ .

Таким образом, степень балластирования передних колёс трактора можно регулировать как за счёт изменения  $G_{гр}$ , так и  $a_{гр}$ . Однако регулирование балластирования передних колёс при  $a_{гр} > 0$  позволяет уменьшить  $\lambda_{к}$ , что рационально, если трактор используется с тяжёлыми навесными машинами, и вертикальная нагрузка на задние колёса превышает допустимые пределы по грузоподъёмности их шин и чрезмерному уплотнению почвы.

В современных зарубежных и отечественных тракторах с колёсной схемой 4К4а имеются рекомендации по регулированию  $G_{гр}$  за счёт изменения количества грузов [8, 9, 10, 11], но не предусмотрено изменение  $a_{гр}$ . Изменение степени балластирования за счёт роста  $G_{гр}$  ( $a_{гр} = \text{const}$ ) приводит к повышению потерь на перекачивание трактора. При регулировании степени балластирования за счёт изменения  $a_{гр}$  появляется возможность уменьшить вес трактора уменьшением  $G_{гр}$ . Так, например, на рисунке 3 видно, что для обеспечения одной и той же нагрузки на переднюю ось трактора меньшая степень балластирования потребует при  $a_{гр} > 0$ . При этом установлено, что снижение момента сопротивления перекачиванию МТА  $M_f$  уменьшением  $G_{гр}$  при  $a_{гр} > 0$  составляет 5–8%.

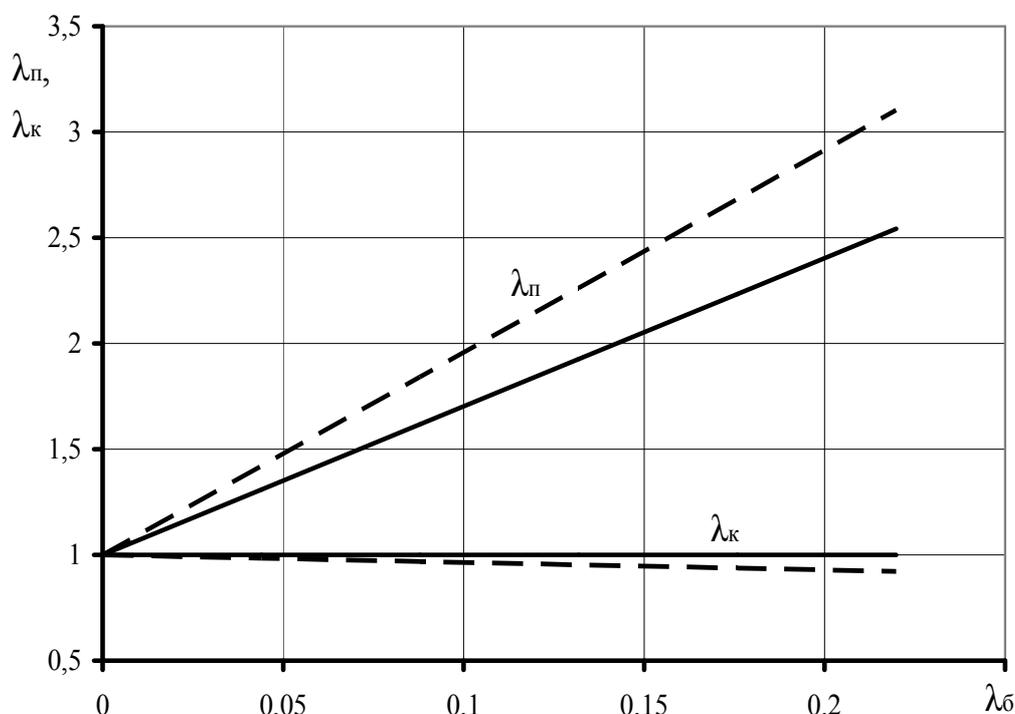


Рис. 3. Зависимость коэффициентов нагрузки на передние  $\lambda_{п}$  и задние  $\lambda_{к}$  колёса от коэффициента, характеризующего степень переднего балластирования трактора  $\lambda_{б}$ :

—  $a_{гр} = 0$  м; - - - -  $a_{гр} = 1$  м

Таким образом, регулирование момента вертикальной нагрузки на передние ведущие колёса, отвечающего как за устойчивость, так и управляемость трактора, можно обеспечить изменением не только  $G_{гр}$ , но и  $a_{гр}$ .

Однако в процессе работы машинно-тракторного агрегата на наклонных опорных поверхностях достаточно часто возникает необходимость движения поперёк склона. В этом случае интерес представляет возможность регулирования положения балластного груза не только в продольном, но и поперечном направлении.

Рассмотрим вариант движения машинно-тракторного агрегата с навесной сельскохозяйственной машиной по поперечному склону, особенностью данного агрегата является возможность регулирования положения балластного груза в поперечном направлении (рис. 4).

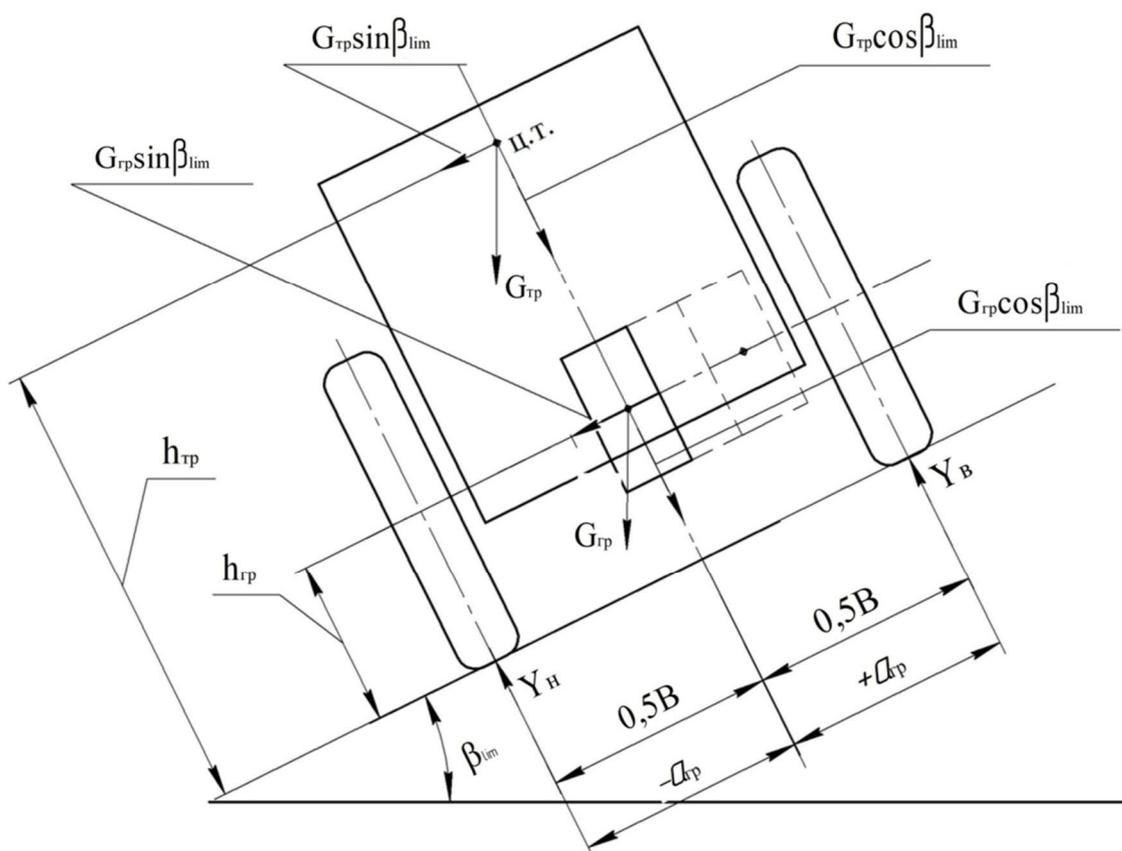


Рис. 4. Схема сил, действующих на навесной агрегат при движении по поперечному склону

Для представленной на рисунке 4 схемы имеем следующие выражения для определения нормальных реакций почвы на верхние  $Y_в$  и нижние  $Y_н$  колёса трактора:

$$Y_в = \frac{G_{гр}((0,5B + a_{гр}) \cdot \cos\beta_{lim} - h_{гр} \sin\beta_{lim}) + G_{гр}(0,5B \cos\beta_{lim} - h_{гр} \sin\beta_{lim})}{B}, \quad (4)$$

$$Y_н = \frac{G_{гр}((0,5B - a_{гр}) \cdot \cos\beta_{lim} + h_{гр} \sin\beta_{lim}) + G_{гр}(0,5B \cos\beta_{lim} + h_{гр} \sin\beta_{lim})}{B}, \quad (5)$$

где  $a_{гр}$  – расстояние от середины поперечной базы трактора до центра тяжести балластного груза;

$B$  – поперечная база трактора.

Решим уравнения (4) и (5) для следующих вариантов:

- движение без балластного груза;
- движение с балластным грузом, но без регулирования его положения;
- движение с балластным грузом и регулированием его положения в поперечном направлении.

Расчёты проведены для тех же условий, которые рассмотрены выше. Результаты расчёта представлены на рисунке 5.

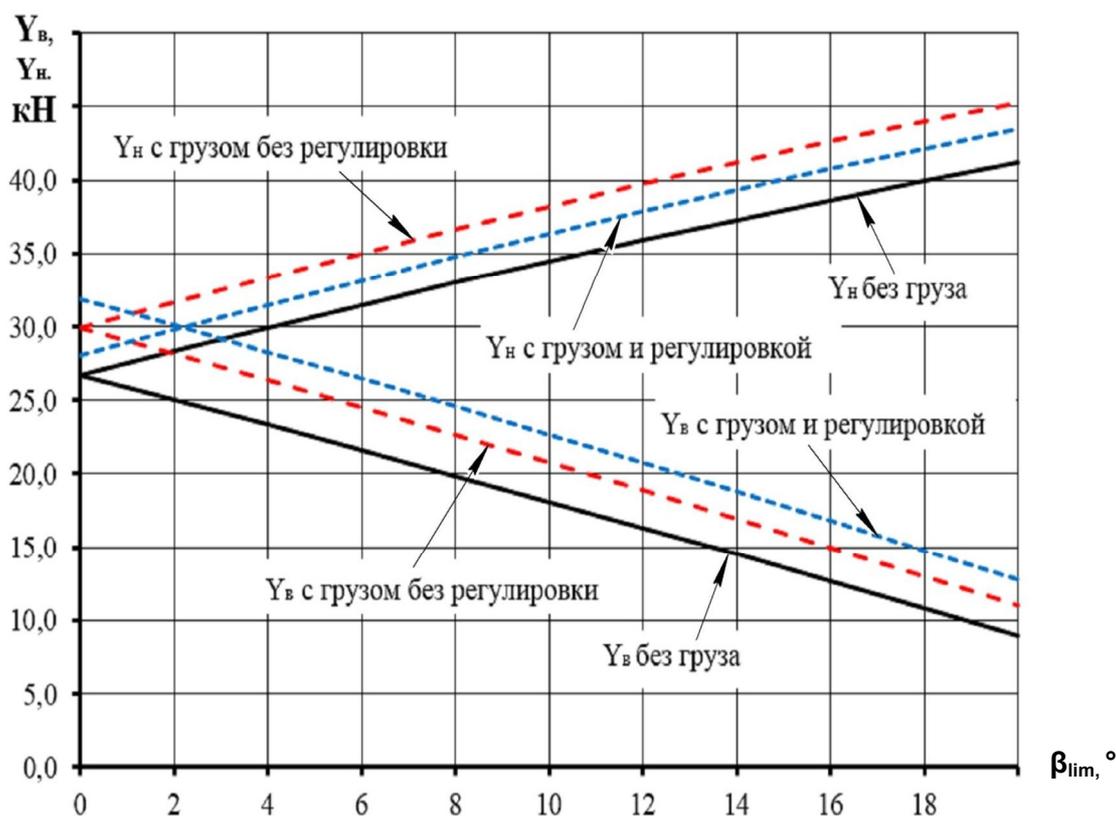


Рис. 5. Изменение вертикальных реакций почвы на верхние и нижние колёса трактора при движении без балласта, с нерегулируемым балластом и с регулируемым балластом в зависимости от угла поперечного склона

Из анализа зависимостей на рисунке 5 следует, что при увеличении угла поперечного склона вертикальные реакции на верхние колёса трактора снижаются, а на нижние возрастают. Однако при работе с регулируемым положением балластного груза в поперечном направлении (вдоль оси мостов) появляется возможность регулировать нагрузки на этих колёсах. Так, при регулируемом положении балластного груза в поперечном направлении нагрузки на верхнее и нижнее колесо одинаковые при угле поперечного склона  $2^{\circ}$  (при  $G_{гр} = 6,5$  кН и  $a_{гр} = 0,5$  м). Эта величина будет зависеть как от веса балластного груза, так и от его положения относительно середины центра тяжести, а именно от величины  $a_{гр}$ . Например, расчеты показывают, что при  $G_{гр} = 10$  кН и  $a_{гр} = 1$  м нагрузки на верхнее и нижнее колесо одинаковые уже при угле поперечного склона более  $6^{\circ}$ .

Рассмотрим также целесообразность регулирования момента от действия балластного груза в поперечном направлении в относительных величинах, понятия о которых даны выше. Результаты расчёта приведены на рисунке 6.

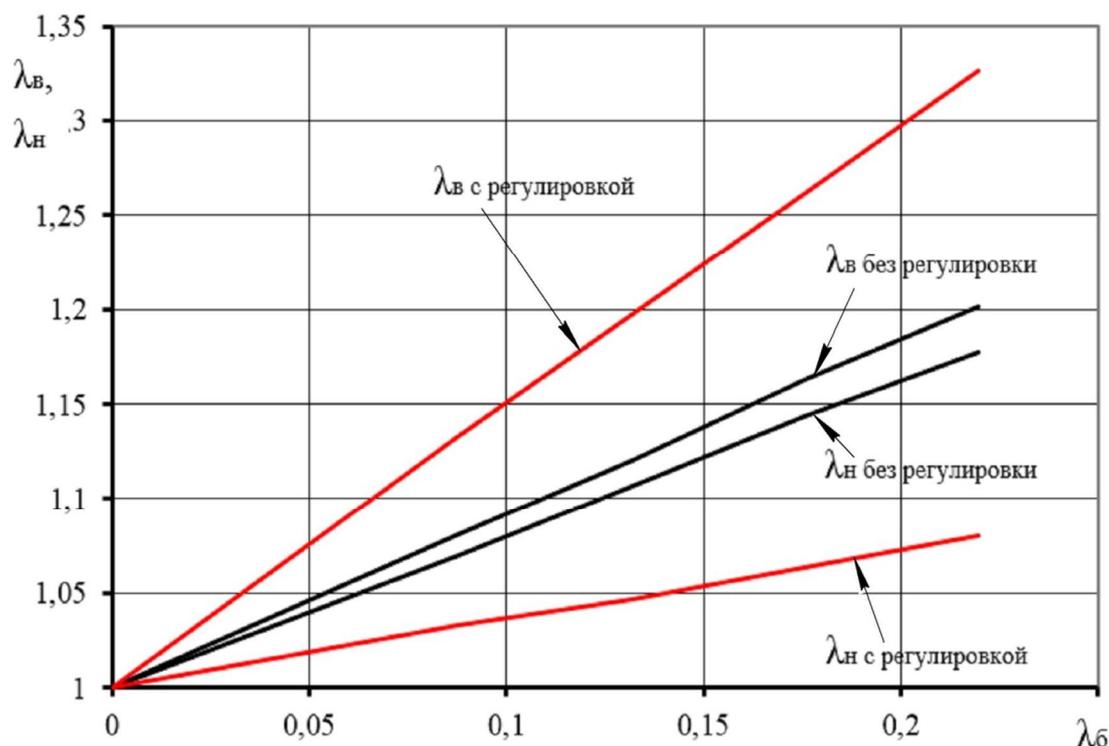


Рис. 6. Зависимость коэффициентов нагрузки на верхние  $\lambda_v$  и нижние  $\lambda_n$  колёса от коэффициента, характеризующего степень балластирования трактора в поперечном направлении  $\lambda_b$  при угле поперечного склона  $4^\circ$

На рисунке 6 видно, что при увеличении степени балластирования в поперечном направлении коэффициент нагрузки на верхние колёса трактора  $\lambda_v$  и нижние  $\lambda_n$  колёса возрастает с разной интенсивностью, причём при регулируемом положении балластного груза интенсивность роста нагрузки на верхние колёса значительно выше, чем на нижние. Такое регулирование позволит выравнять нагрузки на колёсах при работе трактора на поперечном склоне, что, несомненно, улучшит устойчивость, сцепные свойства, а также позволит обеспечить оптимальную нагрузку на каждое колесо по критерию допустимого буксования.

Таким образом, теоретическими исследованиями подтверждается эффективность корректирования вертикальных нагрузок на колёса при движении по неровной поверхности. Регулируемое положение балластного груза позволяет корректировать вертикальные нагрузки при движении по неровности как в продольном, так и в поперечном направлении. При этом обеспечивается не только повышение устойчивости движения в рассматриваемых условиях, но и улучшение управляемости агрегата, а также повышение его тягово-сцепных свойств.

## Библиографический список

1. Гребнев В.П. Мобильные энергетические средства. Эксплуатационные свойства : учебное пособие / В.П. Гребнев, О.И. Поливаев, А.В. Ворохобин. – Воронеж : ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2009. – 305 с.
2. Гребнев В.П. Эффективность регулирования степени балластирования колесных тракторов при работе с навесными машинами / В.П. Гребнев, А.В. Ворохобин // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 10. – С. 18–21.
3. Гуськов В.В. О влиянии ряда факторов на устойчивость колесного трактора, работающего на склоне / В.В. Гуськов, А.В. Войтиков // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1981. – № 2. – С. 11–13.
4. Жилейкин М.М. Обоснование принципов повышения устойчивости и управляемости колесных тракторов при движении на склоне в режиме вспашки / М.М. Жилейкин, Е.В. Ягубова // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2014. – № 9. – С. 67–76.
5. Климанов А.В. Улучшение тягово-сцепных и агротехнических свойств тракторов : учеб. пособие / А.В. Климанов. – Самара : СГСХА, 2001. – 71 с.
6. Кутьков Г.М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства / Г.М. Кутьков. – Москва : КолосС, 2004. – 504 с.
7. Стеновский В.В. Повышение курсовой устойчивости колесного трактора при движении по негоризонтальной опорной поверхности / В.В. Стеновский, А.А. Петров, Н.В. Белоусов // Лесотехнический журнал. – 2016. – № 1. – С. 194–202.
8. Стеновский В.С. Стабилизация транспортного средства на наклонной поверхности / В.С. Стеновский, В.В. Реймер, С.В. Юмакаева // Сельский механизатор. – 2011. – № 5. – С. 12.
9. Тракторы Беларус-1221.2/1221В.2/1221.3, 1522/1522В, Беларус-1523/1523В. Руководства по эксплуатации. Ответственный редактор – директор научно-технического центра, генеральный конструктор Усс И.Н. – Минск : РУП «Минский тракторный завод», 2009 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mcgrp.ru/files/viewer/156354/2> (дата обращения: 12.08.2020).
10. Тракторы John Deere серий 8120, 8220, 8320, 8420 и 8520. Руководство по эксплуатации (издание для Европы). – John Deere Waterloo Works, 2006. – 494 с.
11. Тракторы New Holland моделей Т 8010, Т 8020, Т 8030, Т 8040. Руководство по ремонту и техническому обслуживанию. – CNH America LLC, 2006. – 432 с.
12. Трофимов И.А. Сохранение и оптимизация агроландшафтов Центрального Черноземья / И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева // Известия Российской академии наук. Серия: Географическая. – 2017. – № 1. – С. 103–109.
13. Ходовые системы тракторов / В.М. Забродский, А.М. Файнлейб, Л.Н. Кутин, О.Л. Уткин-Любовцов. – Москва : Агропромиздат, 1986. – 271 с.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

### Принадлежность к организации

Андрей Викторович Ворохобин – кандидат технических наук, врио проректора по заочному и дополнительному образованию, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: dogruzka@rambler.ru.

Дата поступления в редакцию 29.11.2020

Дата принятия к печати 26.12.2020

## AUTHOR CREDENTIALS

### Affiliations

Andrey V. Vorokhobin, Candidate of Engineering Sciences, Acting Vice Rector for Correspondence and Additional Education, Docent, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: dogruzka@rambler.ru.

Received November 29, 2020

Accepted after revision December 26, 2020