

selskokhoziaistvennoi tekhniki // Trudy VI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh, posviashchennoi godu ekologii v Rossii «Perspektivy razvitiia nauki i obrazovaniia v sovremennykh ekologicheskikh usloviakh». Solenoe Zaimishche: FGBNU «PNIAZ», 2017. S. 666-676.

12. Dorokhov A.S., Kataev Iu.V., Skorokhodov D.M. Teoreticheskoe obosnovanie klassifikatsii vkhodnogo kontrolya kachestva mashinostroitelnoi produktsii // Mezhdunarodnyi tekhniko-ekonomicheskii zhurnal. 2015. No. 2. S. 49-54.

13. Kruzhkova T.I., Rushchitskaia O.A., Stozhko K.P., Stozhko D.K. Tekhnicheskii servis v APK kak faktor ustoychivogo razvitiia agrarnoi ekonomiki // Agrarnyi Vestnik Urala. 2020. Spetsialnyi vypusk «Ekonomika». S. 46-53. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-13-46-53.

14. Miklush, V.P. Sovershenstvovanie sistemy tekhnicheskogo servisa selskokhoziaistvennoi tekhniki / V.P. Miklush, A.S. Saiganov // Rol nepreryvnogo obrazovaniia i vuzovskoi nauki v innovatsionnom razvitiie APK: materialy Mezhdunar. nauchno-praktich. konf., Minsk, 26-28 ianvaria 2012 g. – Minsk: BGATU, 2012. – S. 112-117.



УДК 631.173

DOI: 10.53083/1996-4277-2024-240-10-85-93

**В.В. Леонов, С.В. Щитов, Е.Е. Кузнецов,
З.Ф. Кривуца, Е.С. Поликутина**
V.V. Leonov, S.V. Shchitov, E.E. Kuznetsov,
Z.F. Krivutsa, E.S. Polikutina

ВЛИЯНИЕ КОРРЕКТОРА-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ СЦЕПНОГО ВЕСА НА ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ ВНУТРИ БОРОНОВАЛЬНОГО МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА

EFFECT OF HITCH WEIGHT CORRECTOR-DISTRIBUTOR ON REDISTRIBUTION OF LOAD INSIDE HARROW-MACHINE-TRACTOR UNIT

Ключевые слова: машинно-тракторный агрегат, боронование, дисковая борона, нагрузка, рабочий орган, диск.

Для обеспечения высокого урожая необходимо выполнять основные агротехнологические требования, среди которых одним из основных требований является качественная подготовка почвы под посевные работы. Особенно это актуально для тех регионов, где эту операцию невозможно провести осенью ввиду позднего окончания уборочных работ. В связи с этим данную операцию проводят весной, когда сроки проведения и завершения посевных работ ограничены. В процессе подготовки почвы под посев широко используется такая операция, как боронование с использованием тяжёлых дисковых борон. В связи с этим в качестве объекта исследований выбран процесс боронования почвы с использованием бороновального машинно-тракторного агрегата в составе энергетического средства трактора «Кировец» и тяжёлой дисковой бороны. При проведении теоретических и экспериментальных исследований на данный машинно-тракторный агрегат установлено устройство, способное перераспределять нагрузку между движителями энергетического средства и рабочими органами тяжёлой дисковой бороны. В качестве сравнения использовался бороновальный машинно-тракторный агрегат без установленного устрой-

ства для перераспределения сцепного веса. На основании проведенных теоретических исследований получены аналитические зависимости, позволяющие определить перераспределение нагрузки внутри бороновального машинно-тракторного агрегата. В результате производственных (экспериментальных исследований) установлено, что при работе корректора распределителя сцепного веса бороновального машинно-тракторного агрегата произошла догрузка передних движителей на 8470-9080 Н и разгрузка задних движителей на 8550-9120 Н. Увеличение нагрузки на переднюю секцию бороны составило 6500-6400 Н и снижение нагрузки на заднюю секцию бороны 6480-6325 Н.

Keywords: machine and tractor unit, harrowing, disc harrow, load, working body, disc

To ensure high crop yields, it is necessary to meet the basic agro-technological requirements. One of the main requirements is high-quality soil preparation for sowing. This is particularly important for those regions where this operation cannot be carried out in the fall due to the late completion of harvesting. In this regard, this operation is performed in the spring when the timing and completion of sowing work is limited. In the process of preparing the soil for sowing, such an operation as harrowing using heavy disc harrows is widely used. In this regard, the process of

harrowing the soil using a harrow machine-tractor unit as part of the energy tool of the Kirovets tractor and a heavy disc harrow was chosen as the research target. During theoretical and experimental studies, a device capable of redistributing the load between the propellers of the power device and the working bodies of the heavy disc harrow was installed on this machine-tractor unit. The harrow machine-tractor unit without an installed device for redistributing the hitch weight was used as a comparison. Based on the conducted theoretical studies, analytical relationships

were obtained that allow determining the redistribution of the load inside the harrow machine-tractor unit. As a result of production (experimental studies), it was found that during the operation of the corrector of the hitch weight distributor of the harrowing machine-tractor unit, the front propellers were additionally loaded by 8470...9080 N and the rear propellers were unloaded by 8550...9120 N. The increase in the load on the front section of the harrow was 6500...6400 N and the decrease in the load on the back section of the harrow - 6480... 6325 N.

Леонов Владимир Викторович, аспирант, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск, Российская Федерация, e-mail: leonovvladimir@mail.ru.

Щитов Сергей Васильевич, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск, Российская Федерация, e-mail: shitov.sv1955@mail.ru.

Кузнецов Евгений Евгеньевич, д.т.н., доцент, профессор кафедры, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск, Российская Федерация, e-mail: ji.tor@mail.ru.

Кривуца Зоя Фёдоровна, д.т.н., доцент, зав. кафедрой, ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск, Российская Федерация, e-mail: zfk20091@mail.ru.

Поликутина Елена Сергеевна, к.т.н., ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск, Российская Федерация, e-mail: e.polikytina@mail.ru.

Leonov Vladimir Viktorovich, post-graduate student, Far Eastern State Agricultural University, Blagoveshchensk, Russian Federation, e-mail: leonovvladimir@mail.ru.

Shchitov Sergey Vasilevich, Dr. Tech. Sci., Prof., Far Eastern State Agricultural University, Blagoveshchensk, Russian Federation, e-mail: shitov.sv1955@mail.ru.

Kuznetsov Evgeniy Evgenevich, Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof., Far Eastern State Agricultural University, Blagoveshchensk, Russian Federation, e-mail: ji.tor@mail.ru.

Krivutsa Zoya Fedorovna, Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof., Far Eastern State Agricultural University, Blagoveshchensk, Russian Federation, e-mail: zfk20091@mail.ru.

Polikutina Elena Sergeevna, Cand. Tech. Sci., Far Eastern State Agricultural University, Blagoveshchensk, Russian Federation, e-mail: e.polikytina@mail.ru.

Введение

Снижение затрат на производство продуктов сельскохозяйственного назначения является основной и главной целью сельхозтоваропроизводителей. В области растениеводства это возможно достичь за счёт применения более энергонасыщенных тракторов класса 5-6, в то же время применение тракторов данных классов является одной из причин переуплотнения почвы и нарушения её физических свойств. В связи с этим сохранение физических свойств почвы при механическом воздействии на её движители энергетических средств [1] является первоочередной задачей всех сельхозтоваропроизводителей.

Для получения высокого урожая почвообработывающие агрегаты и орудия создают благоприятные предпосылки под посевные работы и условия произрастания сельскохозяйственных культур [2-5]. Вместе с тем необходимо отметить и негативные последствия использования данных тракторов с точки зрения техногенного воздействия на почву:

- увеличение плотности почвы по следу движения энергетического средства результате увеличения его массы;

- нарушение структуры верхнего пласта почвы:

- увеличение эрозийных свойств почвы;
- ухудшение физико-механических характеристик плодородного слоя почвы (увеличение глубины колеи, твердости и напряжения);
- нарушение водного и воздушного баланса почвы.

Более наглядно проследить вредное воздействие движителей энергетических средств на среду произрастания сельскохозяйственных культур можно по рисунку 1.

В Амурской области нашли широкое использование колёсные энергонасыщенные тракторы с шарнирно-сочленённой рамой, которые обладают высокой агротехнической проходимостью, но в то же время оказывают негативное влияние на плодородие почвы. Основной особенностью данных тракторов является то, что основные тягово-сцепные свойства реализуются через передние ведущие колеса. При выполнении тяжелых полевых работ, связанных с обработкой почвы, иногда не хватает сцепного веса, в результате чего происходит срыв верхнего слоя почвы за счёт увеличения величины буксования, что не позволяет тем самым в полной мере зад-

ним ведущим колёсам реализовать свои тягово-сцепные качества. В связи с этим возникает вопрос о его частичном перераспределении между ведущими колёсами энергетического средства с шарнирно-сочлененной рамой и агрегируемой сельскохозяйственной машиной (тяжёлой дисковой бороной). Решить данную проблему возможно путём перераспределения части нагрузки

между трактором и сельскохозяйственной машиной, за счёт использования новых технических решений. С этой целью предлагается новое техническое решение [6], позволяющее решить вышеобозначенную проблему, которое позволяет производить корректировку нагрузки в зависимости от состояния почвы.

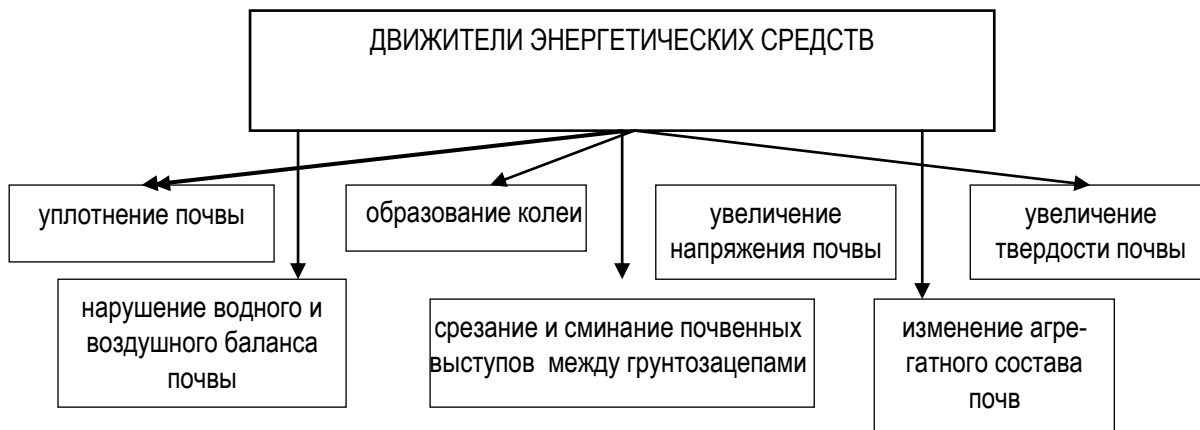


Рис. 1. Последствия воздействия движителей энергетических средств на почву

Цель исследования – оптимизация нагрузки, приходящейся на движители энергетического средства и рабочие сельскохозяйственного агрегата.

Задачи исследований:

- установить влияние предлагаемого технического решения (устройства) на перераспределение нагрузки внутри МТА;
- провести производственную проверку работоспособности МТА при бороновании почвы с предлагаемым устройством.

Объекты и методы исследования

Объект исследования – процесс перераспределения нагрузки при выполнении бороновальных работ трактором класса 5 с шарнирно-сочлененной рамой и тяжелой дисковой бороной (рис. 2).

При работе предлагаемого устройства [6] имеют место два случая:

- увеличение нагрузки, приходящейся на движители энергетического средства с шарнирно-сочлененной рамой (поднятие задней навески трактора);

- регулирование нагрузки на секции бороновального агрегата.

Работа бороновального агрегата с установленным устройством представлена в работе [6].

При определении нагрузки, приходящейся на ведущие колеса трактора и рабочие органы тяжелой дисковой бороны, использовались платформенные электронные МВСК(В) (рис. 3, 4).

Результаты и обсуждение

Рассмотрим работу предлагаемого устройства в случае, когда происходит увеличение нагрузки, приходящейся на ведущие колеса трактора с шарнирно-сочлененной рамой и тяжелой дисковой бороной (рис. 5).

При проведении исследований соблюдались требования ГОСТ 26955-86. Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву [7]. При определении нагрузки на движители и рабочие органы учитывались требования ГОСТ Р 58656-2019 [8].

Экспериментальные исследования по использованию трактора класса 5 с шарнирно-сочлененной рамой (К-701) и тяжелой дисковой бороной (БДТ-7) проводились непосредственно в производственных условиях.

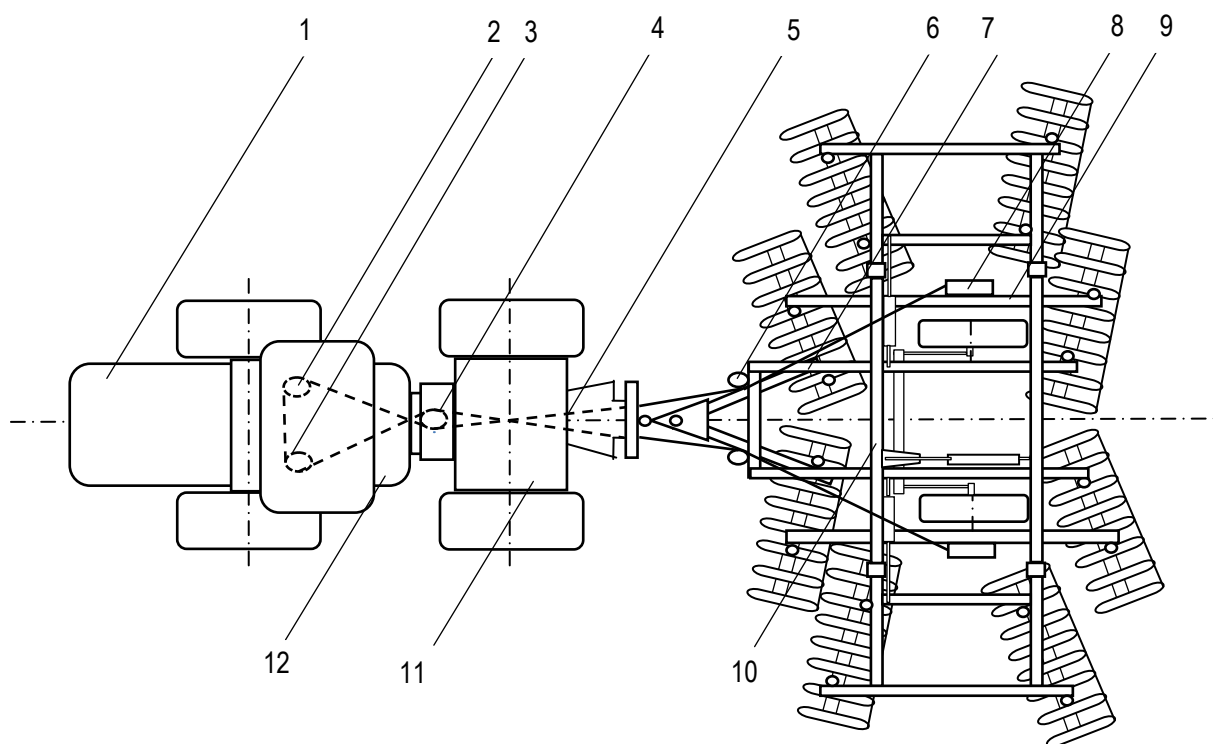


Рис. 2. Схема общего вида трактора К-701 и бороны БДТ-7:
 1 – трактор К-701; 2-4, 6 – блок-ролик; 5 – гибкая тросовая связь; 7 – рама бороны;
 8 – установочные кронштейны; 9 – боковые балки; 10 – борона; 11 – задняя полурама трактора;
 12 – передняя полурама трактора

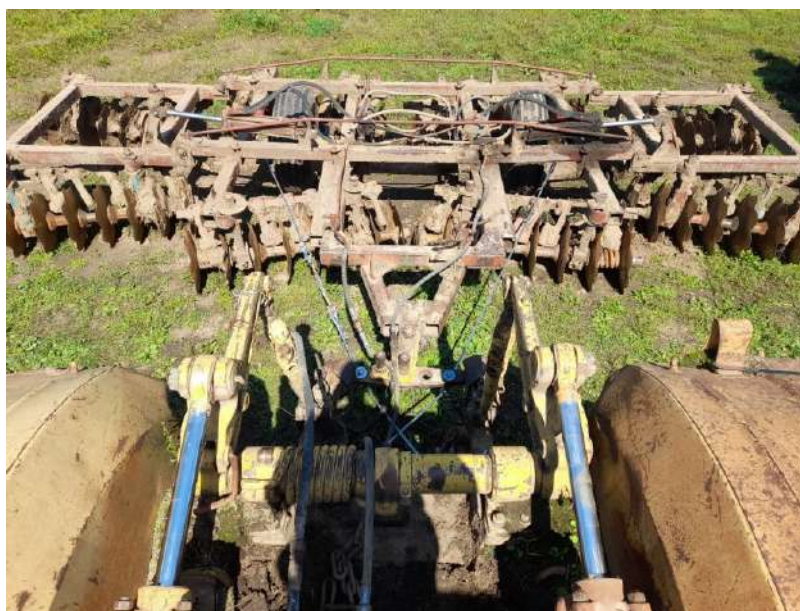


Рис. 3. Общий вид трактора с шарнирно-сочленённой рамой и дисковой бороны с установленным устройством

На бороновальный машинно-тракторный агрегат (БМТА) действуют следующие силы и реакции (рис. 5):

G_n, G_3, G_H, G_d, G_b – вес, соответственно, переднего и заднего мостов, навески, дышло, бороны, Н;

$(R_{пер}^n)' = (R_{пер}^л)' = (R_{пер})'$ – нормальная реакция почвы на передний движитель (вертикальная) трактора, Н;

$(x_{пер}^n)' = (x_{пер}^л)' = (x_{пер})'$ – нормальная реакция почвы на передний движитель (горизонтальная) трактора, Н;

$(\bar{N}_T)' = -(\bar{N}'_T)'$ – вертикальная реакция шарнира (т. А), Н;

$(\bar{x}_T)' = -(\bar{x}'_T)'$ – горизонтальная реакция шарнира (т. А), Н;

$(R_{зад}^n)' = (R_{зад}^л)' = (R_{зад})'$ – нормальная реакция почвы на задний движитель (вертикальная) трактора, Н;

$(x_{зад}^n)' = (x_{зад}^л)' = (x_{зад})'$ – нормальная реакция почвы на задний движитель (горизонтальная) трактора, Н;

$(\bar{y}_Д^n)' = -(\bar{y}'_Д^n)' = (\bar{y}_Д^л)' = -(\bar{y}'_Д^л)' = (\bar{y}_Д)'$ – вертикальная составляющая в опорах (т. Д^л и т. Д^п), Н;

$(\bar{x}_Д^n)' = (\bar{x}'_Д^n)' = (\bar{x}_Д^л)' = -(\bar{x}'_Д^л)' = (\bar{x}_Д)'$ – горизонтальная составляющая в опорах (т. Д^л и т. Д^п), Н;

$(N_c)' = (N'_c)'$ – реакция в т. С соединено навески и дышла бороны, Н;

$(\bar{y}_к^n)' = -(\bar{y}'_к^n)' = (\bar{y}_к^л)' = -(\bar{y}'_к^л)' = (y_к)'$ – вертикальная составляющая реакции в шарнирах (т. К^л и т. К^п), Н;

$(x_к^n)' = -(\bar{x}'_к^n)' = (x_к^л)' = -(\bar{x}'_к^л)' = (x_к)'$ – горизонтальная составляющая реакции в шарнирах (т. К^л и т. К^п), Н;

$(R_1^n)' = (R_1^л)' = (R_1)'$ – вертикальная составляющая реакция поверхности на первую точку опоры бороны, Н;

$(x_1^n)' = (x_1^л)' = (x_1)'$ – горизонтальная составляющая реакции поверхности на первую точку опоры бороны, Н;

$(R_2^n)' = (R_2^л)' = (R_2)'$ – вертикальная составляющая реакция поверхности на вторую точку опоры бороны, Н;

$(x_2^n)' = (x_2^л)' = (x_2)'$ – горизонтальная составляющая реакции поверхности на вторую точку опоры бороны, Н.

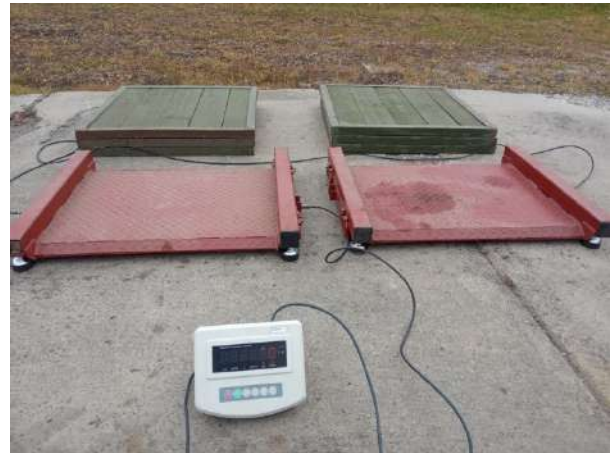
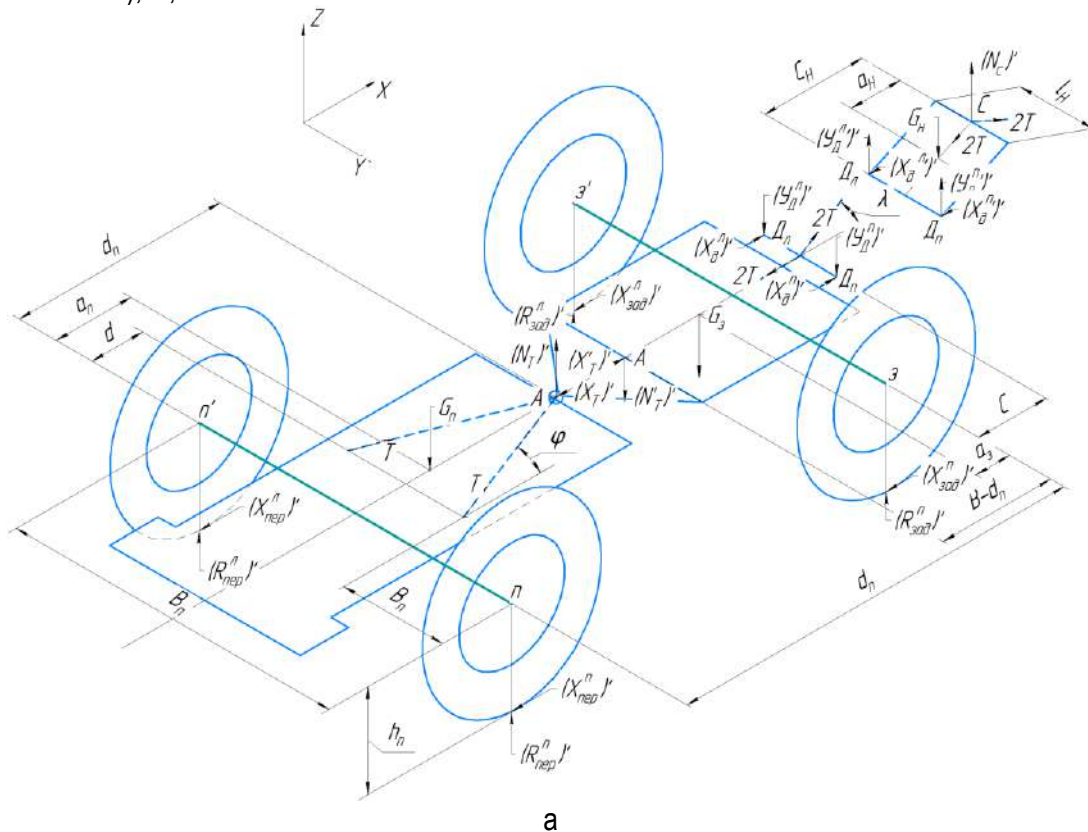
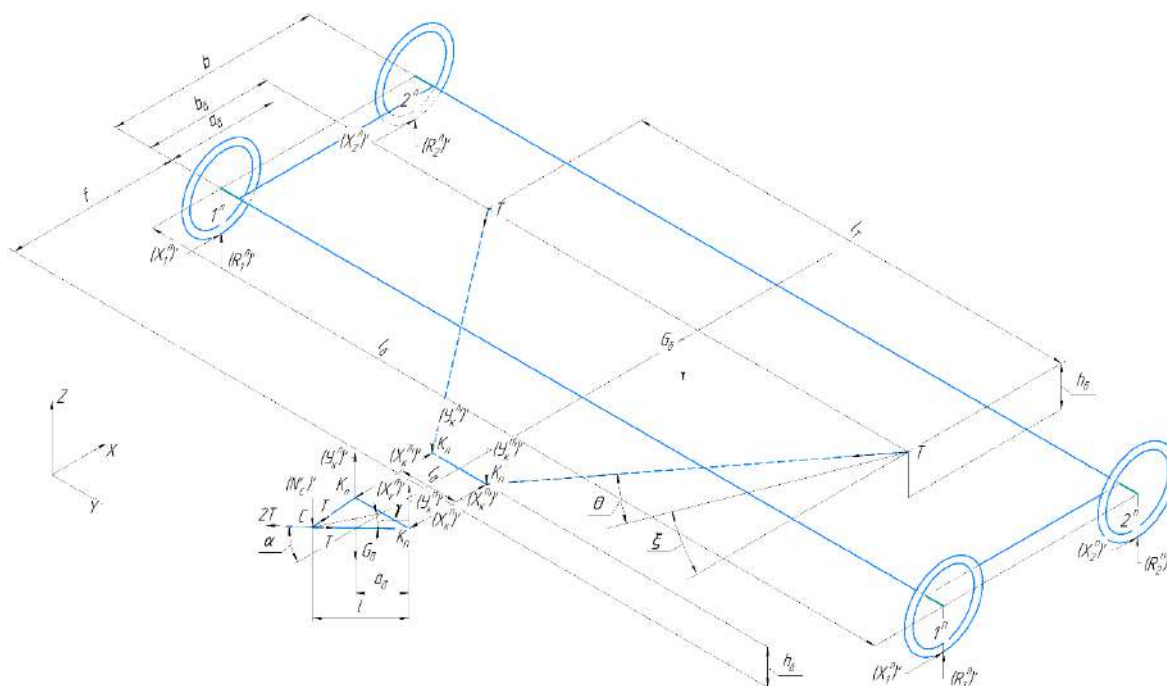


Рис. 4. Электронные платформенные весы МВСК(В)





6

Рис. 5. Схема распределения сил и реакций при работе устройства (при поднятии задней навески трактора):

а – энергетическое средство, б – с.-х. машина (борона); B, B_n – соответственно габаритные размеры энергетического средства, м; d_n – расстояние от точки контакта переднего колеса трактора с почвой до шарнира А, м; a_n – расстояние от точки контакта переднего колеса трактора с почвой до центра тяжести переднего моста, м; $B-d_n$ – расстояние от точки контакта заднего колеса трактора с почвой до шарнира А, м; A_3 – расстояние от точки контакта заднего колеса трактора с почвой до центра тяжести заднего моста, м; C – расстояние от точки контакта заднего колеса трактора с почвой до вала рычагов, м; C_n – расстояние от вала рычагов до точки С, м; a_n – расстояние от точки С до центра тяжести навески, м; l – длина дышло бороны, м; a_g – расстояние от между центром тяжести дышла и шарнирами k^n и k^n , м; l_g – габарит дышла (ширина бороны), м; l_5 – расстояние между точками приложения вертикальных сосредоточенных реакций поверхности правой и левой сторон, м; b – расстояние между точек приложения вертикальных сосредоточенных реакций поверхности передних и задних секций бороны, м; t – расстояние от линии реакций передней секции бороны до шарнира в т.к, м; h_n – расстояние от поверхности до точек $(0^n; 0^n)$ крепления троса к передней полураме трактора, м; b_T – расстояние от передней левой и правой опоры трактора до соответствующих точек $(0^n; 0^n)$ крепления троса к передней полураме трактора, м; l_T – расстояние между точками крепления троса к бороне, м; h_5 – расстояние от поверхности до точек крепления троса к бороне, м; b_5 – расстояние от линии реакции передней бороны до линии точек крепления троса к бороне, м; h_x – расстояние от поверхности до точек k^n и k^n

Действие сил на БМТА рассматриваем в произвольной пространственной системе. Составим для каждой части составной конструкции только уравнения, необходимые для определения вертикальных реакций поверхности БМТА (рис. 5).

Передний мост:

$$\sum F_{kx} = 0 \quad - 2(x_{пер})' - (x_T)' + 2T \cos \varphi = 0; \quad (1)$$

$$\sum F_{ky} = 0 \quad 2(R_{пер})' + (N_T)' - G_n = 0; \quad (2)$$

$$\sum M_Z(F_k) = 0 \quad - 2T \cos \varphi \cdot h_n - G_n a_n + (N_T)' d_n + (x_T)' \cdot h_n = 0. \quad (3)$$

Задний мост:

$$\sum F_{kx} = 0 \quad (x_T)' - 2(x_{зад})' + 2(x_d)' - 2T + 2T \cos \alpha = 0; \quad (4)$$

$$\sum F_{ky} = 0 \quad 2(R_{зад})' - (N_T)' - G_3 - 2(Y_d)' + 2T \sin \alpha = 0; \quad (5)$$

$$\sum M_z(F_k) = 0 \quad G_3 a_3 + (N_T)'(B - d_n) - (X_T)' \cdot h_n - 2(Y_d)' \cdot c + 2T \cdot h_n - -2T \cos \alpha \cdot h_n - 2(X_d)' h_n + 2T \sin \alpha \cdot c = 0. \quad (6)$$

Навеска:

$$\sum F_{kx} = 0 \quad - 2(x_d)' - 2T \cos \alpha + 2T \cos \beta = 0; \quad (7)$$

$$\sum F_{ky} = 0 \quad 2(Y_d)' - G_H + (N_C)' - 2T \sin \alpha - 2T \cos \beta = 0; \quad (8)$$

$$\sum M_z(F_k) = 0 \quad (N_C)' C_H \cos \alpha - 2T \sin \alpha \cos \alpha C_H - 2T \sin \beta \cos \alpha C_H - -G_H(C_H - a_H) \cos \alpha + 2T \cos \alpha \sin \alpha C_H - 2T \cos \beta \sin \alpha C_H = 0. \quad (9)$$

Дышло:

$$\sum F_{kx} = 0 \quad - 2T \cos \beta + 2T \cos \gamma \cos \beta - 2(x_k)' = 0; \quad (10)$$

$$\sum F_{ky} = 0 \quad - (N_C)' - G_d + 2(Y_k)' + 2T \sin \beta - 2T \cos \gamma \sin \beta = 0. \quad (11)$$

Борона:

$$\sum F_{ky} = 0 \quad - 2(Y_k)' + 2(R_1)' + 2(R_2)' - G_d + 2T \sin \theta = 0; \quad (12)$$

$$\sum M_z(F_k) = 0 \quad 2(R_2)' b - G_6 a_6 + 2T \sin \theta b_6 + T \cos \theta \cos \xi h_6 + 2(Y_k)' t - -2(x_k)' h_k = 0. \quad (13)$$

Решив систему уравнений 1-13, получили нагрузки, приходящуюся:

- на передние движители трактора:

$$(R_{пер})' = \frac{G_n}{2} - \frac{G_n a_n}{2B} + \frac{G_3 a_3}{2B} - \frac{G_H a_H c}{2B C_H} + T \frac{h_n}{B} (1 - \cos \varphi - \cos \beta) + T \frac{c}{B} (\cos \beta \operatorname{tg} \alpha + \cos \beta + \sin \alpha); \quad (14)$$

- на задние движители трактора:

$$(R_{зад})' = \frac{G_3}{2} + \frac{G_n a_n}{2B} + \frac{G_H a_H c}{2B C_H} + \frac{G_H a_H}{2C_H} - \frac{G_3 a_3}{2B} - T \frac{h_n}{B} (1 - \cos \alpha - \cos \beta) - -T (\cos \beta \operatorname{tg} \alpha + \cos \beta + \sin \alpha) \left(\frac{TC}{B} + 1 \right); \quad (15)$$

- переднюю часть бороны:

$$(R_1)' = G_6 - \frac{G_6 a_6}{2b} + \frac{G_d}{2} + \frac{G_H}{2} - \frac{G_H a_H}{2C_H} + T (\sin \alpha + \cos \beta \operatorname{tg} \alpha + \cos \gamma \sin \beta - -\sin \beta) + \frac{t}{2b} \left(G_d + G_H - \frac{G_H a_H}{C_H} \right) + T \sin \theta \left(\frac{b_6}{b} - 1 \right) + \frac{t}{b} T (\sin \alpha + \cos \beta \tan \alpha + + \cos \gamma \sin \beta - \sin \beta) + \frac{h_k}{b} T \cos \beta (1 - \cos \gamma) + T \cos \theta \cos \xi \frac{h_6}{b}; \quad (16)$$

- заднюю часть бороны:

$$(R_2)' = \frac{G_6 a_6}{2b} - \frac{t}{2b} \left(G_d + G_H - \frac{G_H a_H}{C_H} \right) - \frac{T \sin \theta b_6}{b} - \frac{t}{b} T (\sin \alpha + \cos \beta \operatorname{tg} \alpha + + \cos \gamma \sin \beta - \sin \beta) - T \cos \theta \cos \xi \frac{h_6}{b} - \frac{h_k}{b} T \cos \beta (1 - \cos \gamma). \quad (17)$$

Проанализировав выражения (14) и (15), можно сделать следующие выводы:

- при поднятии навески происходит загрузка передних движителей (уравнение 18);

- при поднятии навески происходит разгрузка задних движителей (уравнение 19):

$$\Delta_{пер} = T \frac{h_n}{B} (1 - \cos \varphi - \cos \beta) + T \frac{c}{B} (\cos \beta \operatorname{tg} \alpha + \cos \beta + \sin \alpha); \quad (18)$$

$$\Delta_{зад} = -T \frac{h_n}{B} (1 - \cos \varphi - \cos \beta) - T (\cos \beta \operatorname{tg} \alpha + \cos \beta + \sin \alpha) \left(\frac{TC}{B} + 1 \right). \quad (19)$$

Проанализировав выражения (20) и (21), можно сделать следующие выводы:

- при поднятии навески происходит увеличение нагрузки на переднюю секцию бороны:

$$\Delta_1 = T (\sin \alpha + \cos \beta \operatorname{tg} \alpha + \cos \gamma \sin \beta - \sin \beta) \left(1 + \frac{t}{b} \right) + T \sin \theta \left(\frac{b_6}{b} - 1 \right) + + \frac{h_k}{b} T \cos \beta (1 - \cos \gamma) + T \cos \theta \cos \xi \frac{h_6}{b}; \quad (20)$$

- при поднятии навески происходит уменьшение нагрузки на заднюю секцию бороны:

$$\Delta_2 = - \frac{T \sin \theta b_6}{b} - \frac{t}{b} T (\sin \alpha + \cos \beta \operatorname{tg} \alpha + \cos \gamma \sin \beta - \sin \beta) - \frac{h_k}{b} T \cos \beta (1 - - \cos \gamma) - T \cos \theta \cos \xi \frac{h_6}{b}. \quad (21)$$

На основании полученных теоретических исследований установлен оптимальный диапазон перераспределения нагрузки:

- догрузка передних движителей – 8400-9000 Н;

- разгрузка задних движителей – 8350-9050 Н;
- увеличение нагрузки на переднюю секцию бороны – 6400-6350 Н;
- снижение нагрузки на заднюю секцию бороны – 6350-6250 Н.

Выводы

Проведенные исследования позволили определить оптимальное перераспределение нагрузки внутри бороновального машинно-тракторного агрегата с высоким уровнем точности, разница между теоретическими и экспериментальными данными составила:

- для движителей энергетического средства – 1,7-2,0%;
- для дисковой бороны – 1,9-2,3%.

Таким образом, использование предлагаемого технического решения позволяет перераспределять нагрузку внутри МТА в зависимости от состояния почвы и её физико-механических свойств.

Библиографический список

1. Русанов, В. А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения / В. А. Русанов. – Москва: ВИМ, 1998. – 368 с. – Текст: непосредственный.
2. Исследования энергоэффективности применения перераспределяющих устройств в сельскохозяйственных агрегатах / С. В. Щитов, Е. Е. Кузнецов, Е. А. Яшков [и др.]. – Текст: непосредственный // Современные концепции научных исследований: сборник научных работ 60-й Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения, Москва, февраль 2020 г. – Москва: ЕНО, 2020. – С. 147-149. – ISSN 2411-1899.
3. Беляев, В. И. Перспективные агротехнологии производства зерна в Алтайском крае / В. И. Беляев, Л. В. Соколова. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4 (162). – С. 5-12.
4. Алдошин, Н. В. Выбор стратегий качественного выполнения механизированных работ / Н. В. Алдошин, Р. Н. Дидманидзе. – Текст: непосредственный // Международный технико-экономический журнал. – 2013. – № 5. – С. 67.
5. Раднаев, Д. Н. Методологические основы разработки технологий и технических средств посева при возделывании зерновых культур в условиях Забайкалья: автореферат диссертации на соискание ученой доктора технических наук / Раднаев Даба Нимаевич; Вост.-Сиб. гос. ун-т

технологий и упр. – Улан-Удэ, 2013. – 40 с. – Текст: непосредственный.

6. Патент № 2782360 Рос. Федерация, МКИ А01В 21/08, Корректор-распределитель сцепного веса бороновального машинно-тракторного агрегата / Кузнецов Е. Е., Щитов С. В., Леонов В. В., Кушнарёв А. Н., Кислов А. А.; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Дальневосточный государственный аграрный университет; заявка № 2022104842 от 22.02.2022; опубл. 26.10.2022, Бюл. № 30. – Текст: непосредственный.

7. ГОСТ 26955-86. Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву. – Москва: Изд-во стандартов, 1986. – 18 с. – Текст: непосредственный.

8. ГОСТ Р 58656-2019. Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву. – Москва: Изд-во стандартов, 2019. – 20 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Rusanov V.A. Problema pereuplotneniia pochv dvizhiteliami i effektivnyye puti ee resheniia. Moskva: VIM, 1998. 368 s.
2. Shchitov S.V. Issledovaniia energoeffektivnosti primeneniia pereraspredelaiushchikh ustroystv v selskokhoziaistvennykh agregatakh / S.V Shchitov, E.E. Kuznetsov, E.A. Iashkov, A.S. Shubin, O. A. Kuznetsova, A.V. Slepnev // Sovremennye kontseptsii nauchnykh issledovaniy // Sbornik nauchnykh rabot 60-i Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii Evraziiskogo Nauchnogo Obieedineniia (g. Moskva, fevral 2020). – Moskva: ENO, 2020. – S.147-149.
3. Beliaev, V.I. Perspektivnye agrotekhnologii proizvodstva zerna v Altaiskom krae / V.I. Beliaev, L.V. Sokolova // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – No. 4 (162). – S. 5-12.
4. Aldoshin, N.V. Vybor strategii kachestvennogo vypolneniia mekhanizirovannykh rabot / N.V. Aldoshin, R.N. Didmanidze // Mezhdunarodnyi tekhniko-ekonomicheskii zhurnal. – 2013. – No. 5. – S. 67.

5. Radnaev D.N. Metodologicheskie osnovy razrabotki tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv poseva pri vozdelevanii zernovykh kultur v usloviakh Zabaikalia: avtoreferat dis. ... doktora tekhnicheskikh nauk / Vost.-Sib. gos. un-t tekhnologii i upr. – Ulan-Ude, 2013.

6. Korrektor-raspredelitel stsepnogo vesa boronovalnogo mashinno-traktornogo agregata, patent na izobretenie No. 2782360 Ros. Federatsiia, MKI A01V 21/08, E.E. Kuznetsov, S.V. Shchitov, V.V. Leonov, A.N. Kushnarev, A.A. Kislov zaiavitel i patentoobladatel FGBOU VO Dalnevostochnyi GAU,

zaiavka No. 2022104842 ot 22.02.2022. Opublikovano 26.10.2022. Biul. No. 30.

7. GOST 26955-86. Tekhnika selskokhoziaistvennaia mobilnaia. Normy vozdeistviia dvizhitelei na pochvu. – Moskva: Izd-vo standartov, 1986. – 18 s.

8. GOST R 58656-2019. Tekhnika selskokhoziaistvennaia mobilnaia. Metody opredeleniia vozdeistviia dvizhitelei na pochvu. – Moskva: Izd-vo standartov, 2019. – 20 s.



УДК 66.096.5-932.2

DOI: 10.53083/1996-4277-2024-240-10-93-100

И.А. Короткий, А.М. Осинцев, Е.В. Короткая, А.Н. Расщепкин, А.В. Усов

I.A. Korotkiy, A.M. Osintsev, E.V. Korotkaya, A.N. Rasshchepkin, A.V. Usov

ОБОСНОВАНИЕ СКОРОСТНОГО РЕЖИМА ВОЗДУШНОГО ПОТОКА ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ ПРИ ФЛЮИДИЗАЦИОННОМ ЗАМОРАЖИВАНИИ ЯГОД ЖИМОЛОСТИ

SUBSTANTIATION OF AIR FLOW SPEED RATE FOR MINIMIZING ENERGY COSTS DURING FLUIDIZED-BED FREEZING OF HONEYSUCKLE BERRIES

Ключевые слова: жимолость, флюидизация, быстрое замораживание, скороморозильный аппарат, псевдоожоженный слой, шоковая заморозка.

Флюидизационное замораживание позволяет наилучшим образом сохранить качественные характеристики плодов и ягод. Проектирование процессов низкотемпературной обработки во флюидизационных скороморозильных аппаратах является комплексной задачей, требующей учета различных факторов, имеющих разнонаправленное влияние на процесс. Разработка доступных энергоэффективных систем, обеспечивающих высокое качество замороженного плодового сырья, является важным направлением развития агропромышленных технологий. Целью исследования выбран анализ режимов низкотемпературной обработки при флюидизационном замораживании ягод жимолости с точки зрения оптимизации энергетических затрат при реализации процесса. Анализ энергетических затрат для реализации процесса флюидизационного замораживания основывался на теории подобия в процессах теплообмена с использованием критериальных уравнений теории подобия. Расчеты производились с помощью электронных таблиц Excel и программного пакета MathCad. Определен диапазон скоростей флюидизации для замораживания ягод жимолости в диапазоне температур воздушной среды от -15 до -45°C. Допустимый диапазон скоростей потока воз-

духа составляет от 1,5 до 9 м/с, что обеспечивает режим флюидизации, при этом не допускает унос ягод жимолости из рабочей зоны аппарата. Минимальные энергетические затраты на реализацию процесса флюидизационного замораживания для ягод жимолости будут иметь место при скорости движения воздуха порядка 1,5-2 м/с при минимальной температуре воздушной среды. Результаты исследования позволили сделать вывод о целесообразности понижения температуры воздуха во флюидизационном скороморозильном аппарате при скорости движения воздуха, близкой к нижней границе диапазона скоростей флюидизации. В этом случае затраты энергии на организацию движения воздуха при замораживании 1 кг ягоды при скорости движения воздуха 2 м/с и температуре воздушной среды -40°C составят 45 кДж.

Keywords: honeysuckle, fluidization, rapid freezing, fast-freezing system, fluidized bed, shock freezing.

Fluidized-bed freezing allows at best preserving the quality characteristics of fruits and berries. Designing of low-temperature processing in fluidized-bed fast-freezing systems is a complex task that requires taking into account various factors that have multidirectional influence on the process. The development of affordable energy-efficient systems that ensure high quality of frozen fruit and berry raw materials is an important direction in the development