ВОПРОС СТАБИЛЬНОСТИ РАБОТЫ СТРЕЛОВЫХ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ СРЕДСТВ НА КОЛЕСНОМ ШАССИ

*В.И. Токарев¹, кандидат технических наук;
Н.В. Бабоченко², кандидат технических наук, доцент*

¹Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, г. Волгоград, Россия,
e-mail: tokarevvi1970@yandex.ru

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград, Россия,
e-mail: nat-krivelskaya@mail.ru

В статье представлены на рассмотрение характеристики стабильности работы стреловых грузоподъемных средств на колесном шасси в форме математических выражений. Математические выражения представлены в виде не громоздких зависимостей от конкретно заданных параметров. Качество движения зависит от возрастания линейных размеров, масс, моментов инерции, а также скоростей и других механических параметров грузоподъемных средств. Достижение стабильности работы выносных стреловых грузоподъемных средств достигается путем распределения нагрузки между утлегарью (выносной стрелой грузоподъемного средства) и опорными колесами колесного шасси. Считаем, что при существовании ряда концепций со своими теориями, возможно определение стабильности работы стрелового грузоподъемного средства на колесном шасси. Нами установлено, что возможно обеспечить стабильность работы путем выбора целесообразных значений механических составляющих всех звеньев рабочего механизма для спланировано составленных рабочих ситуаций. В зависимости от возможного размещения грузоподъемного устройства показатели стабильности работы меняются и это подтверждают составленные нами математические выражения, которые приводятся в статье. Установлено, что путем варьирования различными вариантами положений и массой составляющих элементов конструкции грузоподъемного средства, а также графически определяя возможные варианты перемещения груза в зависимости от заданной длины утлегаря, имеет место выражение, позволяющее определить ряд значений масс, безопасно поднимаемых грузоподъемным средством. Нами получены значения необходимых для графических построений грузовых характеристик грузоподъемного средства, выражающих зависимость между массой груза и вылетом утлегаря с весом ее элементов. Реакции в шарнирах утлегаря и усилия в ее составляющих звеньях возможно установить из данных грузовой характеристики. Стремление обеспечить максимальную стабильность работы грузоподъемного средства накладывает ограничения на контроль за несколькими подвижными операциями одновременно, что неблагоприятно сказывается на эффективности рабочего процесса. Установили, что обеспечение стабильности работы в поперечной и продольной плоскостях грузоподъемного средства является необходимым компонентом безопасной эксплуатации. По зависимостям для определения показателя грузового равновесия возможно определение предварительного места установки выносных опор грузоподъемного средства. Как подтверждают полученные результаты, стабильность работы грузоподъемного средства в продольном направлении определяется аналогично стабильности работы в поперечном направлении и для номинальной массы груза при наибольшем вылете утлегаря и выставленных выносных опорах. В итоге отметим, что показателем грузового равновесия служит отношение удерживающего момента относительно ребра опрокидывания, создаваемого весом грузоподъемного средства на колесном шасси с учетом уменьшающих его дополнительных внешних нагрузок и влияния уклона площадки к опрокидывающему моменту, создаваемому рабочим грузом.

Ключевые слова: сельскохозяйственные грузоподъемные средства, стабильность работы, реакция опор, выражение моментов, показатель грузовой стабильности, утлегарь.

Введение

Решая вопрос стабильности работы стреловых грузоподъемных средств на

колесном шасси из обзора литературы [1-12] выявили, что есть ряд концепций, которые имеют свои математические функции,

но особо выделяются следующие: асимптотическая, по Ляпунову и экспоненциальная. Их используют в механике для проверочного расчета с целью выяснения степени прочностного равновесия определенного элемента конструкции, например, различной длины стержней, применяемых в шарнирно-стержневых конструкциях стреловых грузоподъемных средств.

Существенному изменению качества движения способствует возрастание линейных размеров, масс, моментов инерции, а также скоростей и других механических параметров характерных грузоподъемных средств. В виду обладания свойствами механической колебательной системы при совершении движения грузоподъемные средства определенной массивности способны к неустойчивой работе. Стабильность перемещения стрелового грузоподъемного средства может быть достигнута выбором целесообразных значений механических составляющих, таких, как масса, момент инерции для всех его звеньев в случае известных рабочих ситуаций (скоростей движения, сил сопротивления рабочих органов) [1-4]. Область наших изысканий, как выяснилось в процессе [5], обширна, поэтому мы сузили фронт работы и сформулировали цель нашего исследования как определение условий стабильности работы стреловых грузоподъемных средств на колесном шасси при фронтальном размещении конструкции грузоподъемного механизма и установки утлегары.

Для достижения поставленной цели составили необходимые математические выражения, позволяющие оценить критерии стабильности работы стреловых грузоподъемных средств на колесном шасси.

Материалы и методы

Используя методы теоретической механики и математической логики, создали модель алгебраических вычислений характеристик стабильной работы стреловых грузоподъемных средств на колесном шасси при фронтальном размещении конструкции стрелового грузоподъемного механизма и установки утлегары.

Обычно установкой выносных опор обеспечивается стабильное выполнение производственных операций грузоподъемным средством на колесном шасси. Исходя из сего, предлагаем рассмотреть условия стабильного выполнения грузоподъемным средством своих функций при рациональном распределении нагрузки между утлегарью и колесами шасси. При составлении математических зависимостей было учтено, что при фронтальной установке навесного грузоподъемного оборудования на

транспортное средство центр тяжести грузоподъемного средства смещается и это необходимо учесть при совершении погрузочно-разгрузочных работ с грузом.

Результаты и обсуждение

Стабильность работы грузоподъемного средства обеспечивается информационной системой контроля [6, 7], подтвержденной патентом на полезную модель, о возможностях которой упоминалось на конференциях [8, 9]. Однако возникает необходимость и в наглядных представлениях критериев стабильности работы грузоподъемного средства, представленных в форме математических составляющих.

Так, опытным путем установили, что при фронтальной установке навесного грузоподъемного средства на транспортное средство центр тяжести грузоподъемного средства смещается, и это необходимо учитывать при совершении погрузочно-разгрузочных работ с грузом. Тогда, составляя математические выражения моментов относительно опорных точек шасси A и B тракторного грузоподъемного средства, получим выражения действующих на оси трактора нагрузок (рис. 1):

$$\sum M_B = 0; G_1 l_1 + G_2 (l_1 + l_2) + G_3 (l_1 + l_3) = N_A l, \quad (1)$$

$$\sum M_A = 0; -G_1 (l - l_1) - G_2 (l - l_1 - l_2) + G_3 (l_1 + l_3 - l) = N_B l. \quad (2)$$

На рисунке 1 мы указали, что центр тяжести трактора – C_T ; центр тяжести конструкции грузоподъемного устройства – C_P ; центр тяжести груза – C_G .

При постоянных составляющих расстояний l_1 , l и условии принятия расстояния l_2 за константу, зная численные составляющие веса трактора, конструкции грузоподъемного устройства и груза как G_1 , G_2 и G_3 , в дальнейшем определили реакции N_A и N_B при различных вариантах положения груза l_3 .

Для случая с установкой стреловых грузоподъемных средств на выносные опоры вычисление реакций ведется аналогично вычислениям как и для фронтальной установки, единственно, что в случае применения утлегары для совершения поворотов, необходимо учесть возникающие на каждом опорном колесе реакции.

Численные выражения моментов при этом рассматриваем как для продольной, так и для поперечной плоскости, принимая систему отсчета за пространственную. Конструктивной составляющей утлегары ряда грузоподъемных средств, предусмотрено присутствие ограничителя грузового момента веса груза, поднимаемого конструкцией утлегары, поэтому примем в численных выражениях его зависимым от величины вылета утлегары.

Рис. 1. Расчетная схема грузоподъемного средства

Рис. 2. Расчетная схема конструкции утлегарь грузоподъемных средств

Нами установлено, что при любом новом вылете L_x (рис. 2) вес груза G_x будет зависеть от веса элементов стрелы G_i и может быть найден согласно закону сохранения неизменного грузового момента из численного выражения:

$$G_x = \frac{G(L+l) - \sum_{i=1}^n G_i(L_i+l)}{L_x+l}, \quad (3)$$

где G – вес груза на вылете длиной L ; l – расстояние от поворотных консолей пространственных приводных гидроцилиндров и поворотной консоли утлегарь; L_i – вылет весов элементов утлегарь в новом положении; n – количество составных звеньев утлегарь.

Примем в числовых выражениях вес груза на вылете L за паспортное значение, заданное заводом изготовителем. Варьируя различными положениями утлегарьи и графически определяя вылеты груза и вес составляющих элементов утлегарьи, согласно выражению (3) определили ряд значений веса грузов, безопасно поднимаемых грузоподъемным средством. По полученным значениям провели построение грузовых характеристик грузоподъемного средства, показанных на рисунке 3, где кривая 1 выражает зависимость между весом груза и вылетом утлегарьи с весом ее элементов. Реакции в шарнирах утлегарьи и усилия в ее составляющих звеньях установили по данным грузовой характеристики. Для расчета веса груза на разных этапах вылета утлегарьи, не учитывая вес ее звеньев, использовали упрощенную зависимость, вид которой представлен в следующей форме:

$$G_x = \frac{G(L+l)}{L_x+l}. \quad (4)$$

Используя вычисленные значения (4) графически начертили кривую зависимость 2 (рис. 3). Условиями прочности и работоспособности узлов и деталей, а также управляемостью грузоподъемного средства ограничили его грузовую характеристику предельной массой груза, больше которой поднимать запрещается (рис. 3, кривая 3).

Рис. 3. Грузовая характеристика грузоподъемного средства

Стабильность рабочего состояния грузоподъемного средства определяется грузовой и собственной безопасностью. Нами выявлено, что на стабильность работы стреловых грузоподъемных средств влияет особенность их управления, в частности, невозможность совмещения операций, таких, как подъем, поворот и работа грузоподъемного средства только на выносных опорах. Стремление обеспечить максимальную стабильность в работе грузоподъемного средства накладывает ограничения на контроль за несколькими подвижными операциями одновременно, что неблагоприятно сказывается на производительности грузоподъемного средства. Мы

определили, что стабильная работа грузоподъемного средства в поперечной и продольной плоскости является необходимым компонентом безопасной эксплуатации.

Рассмотрим принцип стабильной работы грузоподъемного средства в поперечном направлении (рис. 4). За ребро опрокидывания в работе грузоподъемного средства примем линию, параллельную продольной оси и проходящую через центр площадки, на которую опирается выносная опора. За показатель грузового равновесия K_{11} нами принято отношение удерживающего момента относительно ребра опрокидывания, создаваемого весом грузоподъемного средства на колесном шасси с учетом уменьшающих его дополнительных нагрузок (ветровых, инерционных) и влияния уклона площадки, к опрокидывающему моменту, создаваемому рабочим грузом.

Путем математических изысканий, нами установлено, что должно соблюдаться условие:

$$K_{11} = \frac{1}{G(l \cos \alpha + h \sin \alpha)} \{ G_{AO}(l_0 \cos \alpha - h_0 \sin \alpha) + G_1[(l_0 - l_1) \cos \alpha - h_1 \sin \alpha] - G_2(l_2 \cos \alpha + h_2 \sin \alpha) - \omega \rho - \omega_1 \rho_1 - \omega_2 h - \frac{\delta_1 n L h}{900 - n^2 H} \left[G n \sin \beta + \frac{66(G + G_{np}) \delta_0}{g t_1} \right] - \frac{\delta_2 (G + G_{np})}{g t_2} [v_1 h + v_2 (l \cos \alpha + h \sin \alpha)] \} \geq 1,15$$

где G – вес поднимаемого утлегарью груза; G_{AO} – вес транспортного средства без учета веса груза и веса переднего и заднего мостов; G_1 – вес оборудования грузоподъемного средства на колесном шасси без учета веса утлегарьи; G_2 – вес утлегарьи; G_{np} – вес утлегарьи, приведенный к точке подвеса груза; ω , ω_1, ω_2 – ветровая нагрузка соответственно для транспортного средства, грузоподъемного средства и груза, действующая перпендикулярно к ребру; α – угол наклона площадки, $\alpha = 3^\circ$; β – угол между ребром опрокидывания и проекцией оси конструкции утлегарьи на опору; g – ускорение силы тяжести; n – частота вращения утлегарьи в 1 мин; u_1, u_2 – скорости соответственно горизонтального и вертикального перемещения точки подвеса груза при подъеме (опускании) утлегарьи; t_1, t_2 – время неустановившихся режимов работы (пуск, торможение) соответственно механизмов поворота и подъема (опускания) утлегарьи; H – длина подвеса, измеряемая расстоянием от точки приложения массы груза до точки его подвеса; L – вылет конструкции утлегарьи, $L = l + l_0 - l_1$; $l, l_0, l_1, l_2, h, h_0, h_1$; ρ, ρ_1 – обозначения геометрических величин, соответствующих положению стрелы перпендикулярно к ребру опрокидывания; $\delta_0, \delta_1, \delta_2$ – константы, принимающие значение 0 или 1.

Рис. 4. Характеристики равновесия в поперечном направлении

Установлено, что показателем грузового равновесия, с учетом дополнительных нагрузок, при условии наибольшего вылета утлегарь для двух ее положений является, согласно выражению (5) – угол между проекцией поворотной консоли утлегарь на опору и ребро опрокидывания. При $\beta = 90^\circ$, работает только поворотный механизм утлегарь, $\delta_1 = 1$, $\delta_0 = \delta_2 = 0$; при $\beta = 45^\circ$, работает только подъемный (опускающий) механизм утлегарь, $\delta_1 = 0$, $\delta_2 = 1$. Для этого положения утлегарь учитывают непосредственно работу механизма поворота грузоподъемного средства и показатель управляемости согласно численному выражению (5) при $\delta_0 = \delta_1 = 1$, $\delta_2 = 0$. Значения ветровых нагрузок ω_1, ω_2 , действующих на грузоподъемное средство и груз, различны и зависят от положений утлегарь.

Показатель грузового равновесия без учета дополнительных нагрузок K_{21} определили при наибольшем вылете утлегарь, расположенной перпендикулярно к ребру опрокидывания. При этом необходимо выполнение условия:

$$K_{21} = \frac{G_{AO}l_0 + G_1(l_0 + l_1) - G_2l_2}{Gl} \geq 1,4 \quad (6)$$

Показателем собственного равновесия грузоподъемного средства K_{31} для наиболее неблагоприятного его положения, приведенного к действию рабочей ветровой нагрузки установлено отношение удерживающего момента, создаваемого относительно ребра опрокидывания весом грузоподъемного средства с учетом уменьшающего влияния уклона площадки, к опрокидывающему моменту, создаваемому ветровой нагрузкой относительно того же ребра

опрокидывания. Определили, что показатель собственного равновесия зависит от условия:

$$K_{31} = \frac{1}{\omega\rho + \omega_1\rho_1} \{G_{AO}(l_0 \cos \alpha - h_0 \sin \alpha) + G_1[(l_0 - l_1) \cos \alpha - h_1 \sin \alpha] - G_2(l_2 \cos \alpha + h_2 \sin \alpha)\} \geq 1,15. \quad (7)$$

Нашли, что плечо нагрузки G_2 относительно ребра опрокидывания в данном случае равно $-l_2 \cos \alpha + h_2 \sin \alpha$ и положительное значение его соответствует положению грузоподъемного средства, показанному на рисунке 4.

Показатели стабильности работы грузоподъемного средства в продольном направлении посчитали аналогично работе в поперечном направлении и при номинальном весе груза на наибольшем вылете утлегарь и при выставленных выносных опорах.

Установили, что показатель грузового равновесия с учетом дополнительных нагрузок должен удовлетворять условию:

$$K_{12} = \frac{1}{G(l \cos \alpha + h \sin \alpha)} \{R_{AO}B - G_{AO}h_0 \sin \alpha + G_1(l_1 \cos \alpha - h_1 \sin \alpha) - G_2(l_2 \cos \alpha + h_2 \sin \alpha) - \omega\rho - \omega_1\rho_1 - \omega_2H - \frac{\delta_1 n(l+l_1)h}{900-n^2H} \left[Gn \sin \beta + \frac{66(G+G_{np})\delta_0}{gt_1} \right] - \frac{\delta_2(G+G_{np})}{gt_2} [v_1h + v_2(l \cos \alpha + h \sin \alpha)]\} \geq 1,15,$$

где R_{AO} – масса транспортного средства, приходящаяся на переднюю ось без учета массы груза и переднего моста (при отсутствии его блокировки); β – угол между ребром опрокидывания и проекцией оси консоли утлегарь на опору.

Показатель грузового равновесия, без учета дополнительных нагрузок, нашли, применяя условие:

$$K_{22} = \frac{R_{AO}B + G_1l_1 - G_2l_2}{Gl} \geq 1,4. \quad (9)$$

Показатель собственного равновесия нашли из условия:

$$K_{32} = \frac{1}{\omega\rho + \omega_1\rho_1} [R_{AO}B - G_{AO}h_0 \sin \alpha + G_1(l_1 \cos \alpha - h_1 \sin \alpha) - G_2(l_2 \cos \alpha + h_2 \sin \alpha)] \geq 1,15. \quad (10)$$

В этом случае плечо нагрузки G_2 относительно ребра опрокидывания равно $-l_2 \cos \alpha + h_2 \sin \alpha$.

Если навесное стреловое грузоподъемное средство расположено сзади колесного шасси, то в качестве ребра опрокидывания принимается линия, проходящая через опорный контур выносных опор (рис. 5).

Рис. 5. Обеспечение равновесия в продольном направлении

Показатель грузового равновесия с учетом дополнительных нагрузок при номинальном грузе и наибольшем вылете утлегарь получили из условия:

$$K_{13} = \frac{1}{G(l \cos \alpha + h \sin \alpha)} \{ R_{AO}(B + l_0) + R_{BO}l_0 - G_{AO}h_0 \sin \alpha + G_1(l_1 \cos \alpha - h_1 \sin \alpha) - G_2(l_2 \cos \alpha + h_2 \sin \alpha) - \omega\rho - \omega_1\rho_1 - \omega_2h - \frac{\delta_1 n(l+l_1)h}{900-n^2H} \left[Gn \sin \beta + \frac{66(G+G_{np})\delta_0}{gt_1} \right] - \frac{\delta_2(G+G_{np})}{gt_2} [v_1h + v_2(l \cos \alpha + h \sin \alpha)] \} \geq 1,15,$$

где R_{BO} – вес грузоподъемного средства на колесном шасси, приходящийся на заднюю ось без учета веса груза и заднего моста (при отсутствии блокировки).

Показатель грузового равновесия без учета дополнительных нагрузок вычислили из условия:

$$K_{23} = \frac{R_{AO}(B+l_0)+R_{BO}l_0+G_1l_1-G_2l_2}{Gl} \geq 1,4. \quad (12)$$

Показатель собственного равновесия предлагаем определять из условия:

$$K_{32} = \frac{1}{\omega\rho + \omega_1\rho_1} [R_{AO}(B + l_0) + R_{BO}l_0 - G_{AO}h_0 \sin \alpha + G_1(l_1 \cos \alpha - h_1 \sin \alpha) - G_2(l_2 \cos \alpha + h_2 \sin \alpha)] \geq 1,15. \quad (13)$$

Нами установлено, что в некоторых случаях при эксплуатации грузоподъемного средства на колесном шасси необходимо увеличить вылет утлегарь с помощью дополнительной вставки и уменьшить

грузоподъемность до величины, при которой грузовой момент будет прежним. Зависимости (6), (9), (12) показывают, что увеличение плеча l при сохранении постоянного грузового момента ведет к уменьшению показателя грузового равновесия. С увеличением плеча l увеличиваются вес конструкции утлегарь G_2 и плечо l_2 , и последний член G_2l_2 в уравнениях равновесия возрастает, а остальные составляющие при этом остаются константами. Получаем, что показатель грузового равновесия уменьшается. Отсюда мы сделали вывод, что, увеличивая вылет утлегарь грузоподъемного средства и сохраняя его грузовой момент необходимо помнить и об уточнении показателя грузового равновесия.

На наш взгляд, предварительное место установки выносных опор, возможно определить по выражениям зависимости для определения показателя грузового равновесия. Так, нами установлено, что при стабильной работе грузоподъемного средства в поперечном направлении согласно зависимости (6) получаем, что плечо будет определено исходя из следующего условия:

$$l_0 \geq \frac{1,4Gl + G_1l_1 + G_2l_2}{G_{AO} + G_1}. \quad (14)$$

При стабильной работе грузоподъемного средства в продольном направлении, согласно зависимости, полученной нами, плечо l_0 для случая установки грузопод-

дъемного средства сзади устройства будет удовлетворять условию:

$$l_0 \geq \frac{1,4Gl - R_{AO}B - G_1l_1 + G_2l_2}{R_{AO} + R_{BO}}. \quad (15)$$

Отметим, конечно, и тот факт, что места установки выносных опор окончательно определяются конструктивно с последующей проверкой показателей грузового равновесия.

Все расчеты, ввиду громоздкости вычислений, приведенных выше формул, проводились с использованием составленных для этого электронных программ.

Заключение

Считаем, что цель нашего исследования достигнута, определили путем математических выражений условия стабильной

работы стреловых грузоподъемных средств на колесном шасси при фронтальном размещении стреловой конструкции грузоподъемного механизма и установкой утлегары. Полученные нами математические и графические результаты служат доказательством возможности использования нашего алгоритма вычислений для определения показателей стабильности работы для стреловых грузоподъемных средств, исходя из выбранного варианта размещения навесного грузоподъемного оборудования. Установлено, что обеспечение равновесия рабочей конструкции возможно при соблюдении указанных в математических выражениях заданных условий.

Литература

1. Бабоченко Н.В. Силовой анализ манипулятора с шарнирно-стержневой стрелой. *Paradigmata poznání*, 2015, № 2, с. 60-62.
2. Герасун В.М., Несмиянов И.А., Фомин С.Д. Исследование устойчивости транспортного агрегата с манипулятором. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*, 2013, № 1(29), с. 204-211.
3. Калеватых И.А., Лесков А.Г. Исследование устойчивости системы управления двурукого манипуляционного робота. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Приборостроение»*, 2013, № 1, с. 84-95.
4. Петухов И.В. К вопросу обеспечения надежности эргатических систем управления. *Мехатроника, автоматизация, управление*, 2011, № 1, с. 25-30.
5. Семашко В., Петрусевиц И. Сельскохозяйственные погрузчики. *Техника и оборудование для села*, 2011, № 11, с. 22-23.
6. Несмиянов И.А., Евдокимов А.П., Токарев В.И., Захаров Е.Н. Программно-аппаратный комплекс мониторинга эксплуатационно-технологических параметров погрузочного агрегата. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*, 2014, № 4 (36), с. 227-231.
7. Несмиянов И.А., Токарев В.И. Направления развития роботизированных погрузочных манипуляторов для агропромышленного комплекса [Электронный ресурс]. *Современная техника и технологии*. 2012, № 11. Режим доступа: <http://technology.snauka.ru/2012/11/1382>.
8. Патент на полезную модель №14086 9 РФ, МП К В66F9/06, G01C9/12, В66F17/00. Бортовая информационная система контроля положения погрузочного агрегата. Несмиянов И.А., Токарев В.И., Захаров Е.Н. Опубликовано 20.05.2014 г.
9. Токарев В.И., Несмиянов И.А. Бортовая информационная система погрузочного агрегата. Пути реализации Федеральной научно-технологической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы: материалы международной научно-практической конференции. Курган: Издательство Курганской ГСХА, 2018, с.1094-1098.
10. Driessen B.J.F., van Woerden J.A. Enhancing the usability of the MANUS manipulator by using visual servoing [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://citeseerx.ist.psu.edu/>.
11. Filaretov V.F., Zuev A.V. Adaptive Force/Position Control of Robot Manipulators. *Proc. of the 2008 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics*, July 2-5, 2008, Xi'an, China, p. 96-101.
12. Zhoga V.V., Gerasun V.M., Nesmiyanov I.A., Vorob'eva N.S., Dyashkin-Titov V.V. Dynamic Creation of the Optimum Program Motion of a Manipulator-Tripod. *Journal of Machinery Manufacture and Reability*, 2015, v. 44, № 2, p. 181-186.

THE QUESTION OF BOOM LIFTING EQUIPMENT OPERATION STABILITY ON A WHEELED CHASSIS

V.I. Tokarev¹, Candidate of Technical Sciences;

N.V. Babochenko², Candidate of Technical Sciences, assistant-professor

¹ Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective
Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia,
e-mail: tokarevvi1970@yandex.ru

² Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Agrarian
University", Volgograd, Russia, e-mail: nat-krivelskaya@mail.ru

The article presents for consideration the characteristics of the stability of the boom lifting equipment on a wheeled chassis in the form of mathematical expressions. Mathematical expressions are presented in the form of not cumbersome dependencies on specified parameters. The quality of movement depends on the increase in linear dimensions, masses, moments of inertia, as well as speeds, and other mechanical parameters of the lifting equipment. Achievement of the stability of the outboard boom lifting device is achieved by distributing the load between the jib boom (outboard boom of the lifting device) and the support wheels of the wheeled chassis. We believe that with the existence of a number of concepts with their theories, it is possible to determine the stability of the boom lifting device on a wheeled chassis. It has been found that it is possible to ensure the stability of work by choosing the appropriate values of the mechanical components of all links of the working mechanism for planned working situations. Depending on the possible placement of the lifting device, the stability indicators are changed, and this is confirmed by the mathematical expressions we compiled, which are given in the article. It has been established that by varying the positions and the mass of the constituent elements of the structure of the lifting device, as well as graphically defining the possible options of the load moving, depending on the given length of the jib boom, an expression takes place that makes it possible to determine a number of values of the masses safely lifted by the lifting device. There have been obtained the values of the cargo characteristics of the lifting device necessary for graphic constructions, expressing the relationship between the weight of the cargo and the overhanging of the jib boom with the weight of its elements. The reactions in the joints of the jib boom and the forces in its constituent links can be established from the data of the load characteristics. The desire to ensure maximum stability in the operation of the lifting device imposes restrictions on the control of several mobile operations at the same time, which adversely affects the efficiency of the work process. It has been established that ensuring the stability of operation in the transverse and longitudinal planes of the lifting device is a necessary component of safe operation. According to the dependencies for determining the indicator of cargo balance, it is possible to determine the preliminary installation site of the outriggers of the lifting device. As the results obtained confirm, the stability of the operation of the lifting device in the longitudinal direction is determined similarly to the stability of the operation in the transverse direction and for the nominal weight of the load with the greatest overhanging of the jib boom and the set outriggers. As a result, we note that the ratio of the holding moment relative to the overturning rib created by the weight of the lifting device on the wheeled chassis, taking into account the additional external loads that reduce it and the influence of the platform slope to the overturning moment created by the working load, serves as an indicator of the cargo balance.

Keywords: agricultural lifting equipment, work stability, support reaction, moment expression, load stability indicator, jib boom.

References

1. Babochenko N.V. Power analysis articulated arm-rod boom. *Paradigmata poznání*, 2015, № 2, p. 60-62.
2. Gerasun V.M., Nesmiyanov I.A., Fomin S.D. Investigation of the stability of a transport unit with a manipulator. *Bulletin of the Nizhnevolzhsky Agro-university Complex: Science and Higher Professional Education*, 2013, № 1 (29), p. 204-211.

3. Kalevatykh I.A., Leskov A.G. Investigation of the stability of the control system of a two-handed manipulation robot. Vestnik of the Bauman Moscow State Technical University. Series "Instrument Engineering", 2013, № 1, p. 84-95.
4. Petukhov I.V. On the issue of ensuring the reliability of ergatic control systems. Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie, 2011, № 1, p. 25-30.
5. Semashko V., Petrusevich I. Agricultural loaders. The Machinery and Equipment for Rural Area journal, 2011, № 11, p. 22-23.
6. Nesmiyanov I.A., Evdokimov A.P., Tokarev V.I., Zakharov E.N. Hardware and software complex for monitoring the operating and technological parameters of the loading unit. Bulletin of the Nizhnevolzhsky Agro-university Complex: science and higher professional education, 2014, № 4 (36), p. 227-231.
7. Nesmiyanov I.A., Tokarev V.I. Directions of development of robotic loading manipulators for the agroindustrial complex [Electronic resource]. Modern Scientific Researches and Innovations. 2012, № 11. Access: <http://technology.snauka.ru/2012/I/1/1382>.
8. Patent for utility model №14086 9 PФ, МП К В66F9/06, G01C9/12, B66F17/00. Onboard information system for monitoring the position of the loading unit. Nesmiyanov I.A., Tokarev V.I., Zakharov E.N. Published on May 20, 2014.
9. Tokarev V.I., Nesmiyanov I.A. Onboard information system of the loading unit. Ways to Implement the Federal Scientific and Technological Program for the Development of Agriculture for 2017-2025: materials of the international scientific and practical conference. Kurgan: Publishing house of the Kurgan State Agricultural Academy, 2018, pp. 1094-1098.
10. Driessen B.J.F., van Woerden J.A. Enhancing the usability of the MANUS manipulator by using visual servoing [Electronic resource]. Access: <http://citeseerx.ist.psu.edu/>.
11. Filaretov V.F., Zuev A.V. Adaptive Force/Position Control of Robot Manipulators. Proc. of the 2008 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, July 2-5, 2008, Xi'an, China, p. 96-101.
12. Zhoga V.V., Gerasun V.M., Nesmiyanov I.A., Vorob'eva N.S., Dyashkin-Titov V.V. Dynamic Creation of the Optimum Program Motion of a Manipulator-Tripod. Journal of Machinery Manufacture and Reliability, 2015, v. 44, № 2, p. 181-186.