

ИЗМЕНЕНИЕ СООТНОШЕНИЯ СИЛ ПРИ НАРУШЕНИИ УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПЛУГА

Горин Г.С., докт. техн. наук, профессор, Захарова И.О., аспирантка
 УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
 г. Минск, Республика Беларусь

Устойчивое равновесие плуга характеризуется тем, что при достаточно малом выведении плуга из положения, силы, действующие на плуг, стремятся вернуть его в первоначальное положение так, чтобы он, продолжая двигаться, находился близко от этого положения. Для решения вопросов устойчивости плуга в работе и нахождения его рабочих сопротивлений достаточно определить в каждый момент времени направление динемы, которая является основной силовой характеристикой плуга. Для каждого j - корпуса плуга могут быть рассчитаны динемы – это рабочее сопротивление плуга $R_{\psi j}$, $R_{\psi j}^0$, $R_{\psi j}$ и моменты сил сопротивления плуга $M_{\psi j}$, $M_{\psi j}^0$, $M_{\psi j}$. Если плуг многокорпусный, то результирующая динема, которая приводится к главному вектору $R_{\psi \Sigma}$ и главному моменту $M_{\psi \Sigma}$ не может быть рассчитана путем сложения параллельных динем j -корпусов ($j=1...n$) [1].

Объясняется это тем, что на перемещения j - корпусов плуга наложены ограничения со стороны трактора (шарнир присоединения) и опор плуга на поверхность поля, дно и стенку борозды. Причем названные связи имеют ярко выраженную анизотропию. Под действием отклоняющего момента $M_{отк}$ передние корпуса «выдавливают» в сторону вспаханного поля. Это свидетельствует о том, что разворот корпуса плуга происходит вокруг полевой доски заднего корпуса, а не вокруг среднего «эквивалентного» корпуса [2].

Внешними силами, действующими на плуг при установившемся движении являются: сила тяги трактора P_{ψ} приложенная в вертикальном шарнире сочленения плуга с трактором; силы тягового сопротивления j - корпусов $R_{\psi j}$, $R_{\psi j}^0$, $R_{\psi j}$ и их центральные моменты $M_{\psi j}^0$, $M_{\psi j}^0$, $M_{\psi j}$; реакции полевых досок j - корпусов $F_{\psi j}$, $F_{\psi j}$, $F_{\psi j}$; вес плуга $G_{пл}$; реакции опорного колеса плуга: нормальная $Y_{оп}$ к опорной поверхности, продольная $X_{оп} = P_{фн} X_{оп}$ - сила сопротивления качению и боковая которой пренебрегаем, так как заднее колесо плуга ролярное;

Результирующие тяговые сопротивления j - корпусов отличаются от технологического сопротивления срезу почвы вследствие увода плуга на углы $\psi = 2...3^{\circ}$, что приводит к уменьшению первоначального угла установки лемеха плуга в горизонтальной плоскости γ и раскрытию стыков смежных корпусов [2]. Срезание последних производится тыльной стороной лемехов плуга, что приводит к дополнительным энергозатратам, перераспределению боковых реакций полевых досок.

Для каждого j - корпуса плуга можно рассчитать:

- боковую составляющую тягового сопротивления корпуса

$$R_{\psi j}^0 = R_{\psi j} - tg \gamma \gamma, \quad (1)$$

где γ по данным Синеокова для плугов, выпускавшихся ПО «Одессапчвомаш» $\gamma = 40...42^{\circ}$, для плугов типа Kverneland $\gamma = 38^{\circ}$;

- отклонение линии тяги

$$tg \Delta_j = \frac{\Delta Z_{\psi j}}{\Delta X_{\psi j}}, \quad (2)$$

где $\Delta X_{\psi j}$ и $\Delta Z_{\psi j}$ - продольная и поперечная координаты приложения составляющих тягового сопротивления соответственно $R_{\psi j}$ и $R_{\psi j}^0$ относительно шарнира сочленения плуга с трактором;

- приращения $\Delta R_{\psi j}$ боковых составляющих $R_{\psi j}$ вызванных отклонением линии тяги j -

корпуса

$$\Delta R_{y_j} = R_{y_j} \cdot \operatorname{tg} \Delta_j; \quad (3)$$

- отклоняющих моментов нецентральных

$$M_{\text{откл}} = R_x \Delta x_j + R_y \Delta z_j; \quad (4)$$

- суммы нецентральных и центральных отклоняющих моментов

$$M_{\text{откл}} = \sum_{j=1}^n R_x \Delta x_j + \sum_{j=1}^n R_y \Delta z_j + \sum_{j=1}^n M_{\text{откл}}^0, \quad (5)$$

где n – число корпусов; $M_{\text{откл}}^0$ – центральные моменты отдельных j - корпусов

- суммарная боковая составляющая тягового сопротивления корпуса

$$R_{y_{\Sigma}} = \sum_{j=1}^n (R_{y_j}^0 + \Delta R_{y_j} + R_{y_j}^{\psi}), \quad (6)$$

где $R_{y_j}^{\psi}$ - составляющая боковой силы, действующая на полевую доску, вызванная уводом на угол ψ плуга. В результате увода на угол ψ плуга полевые доски передних корпусов плуга разгружаются.

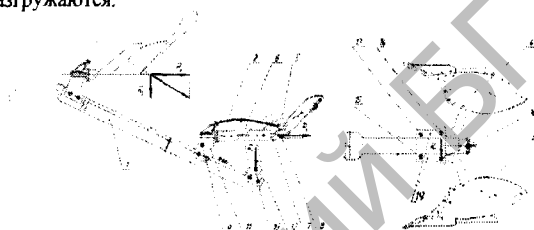


Рисунок — Устройство для пространственного динамометрирования корпусов обратного плуга:

1- несущую балку плуга; 2- пахотный модуль; 3 и 4 - плужные корпуса; 5, 9, 10, 13, 14, 15 и 16 - датчики для восприятия действующих на корпус усилий в горизонтальной, поперечной и вертикальной плоскости; 6- тяга предохранительного механизма; 7- коромысло; 8- вилка; 11 и 12- кронштейны крепления; 17 и 18 грядилы плужных корпусов; 19- накладки

Условно будем принимать, что полевая доска переднего j - корпуса разгрузится на величину

$$R_{z1}^{\psi} = 0,25(R_{z1}^0 + \Delta R_{z1}). \quad (7)$$

Тогда разгрузка последующих корпусов составит

$$\Delta R^{\psi} = \frac{R_{z1}^{\psi}}{-1},$$

$$R_{z2}^{\psi} = R_{z1} - \Delta R^{\psi},$$

$$R_{z3}^{\psi} = R_{z2} - 2\Delta R^{\psi},$$

$$R_{z_{n-1}}^{\psi} = R_z - (n-1)\Delta R^{\psi},$$

$$R_{zn}^{\psi} = 0.$$

Для подтверждения перечисленных выше явлений было разработано устройство для пространственного динамометрирования корпусов обратного плуга. Данное устройство (рисунок) для пространственного динамометрирования корпусов обратного плуга включающее несущую балку плуга, плужные корпуса, отличается от использовавшихся ранее [3, 4] тем, что выполнено в виде отдельного пахотного модуля, с возможностью крепления в любом месте по длине балки плуга, имеет шесть измерительных пальцев, выполненных в виде цилиндрических датчиков усилий автоматически преобразующих сдвиговые деформации и изменение магнитной проницаемости в выходной сигнал в виде напряжения [5].

Таким образом такая конструкция устройства для пространственного динамометрирования корпусов оборотного плуга позволяет обеспечить пространственное динамометрирование отдельного плужного корпуса оборотного плуга с наименьшими затратами на изготовление и тарировку при высокой надежности работы и точности измерения.

Литература

1. Синеоков Г.Н. Проектирование почвообрабатывающих машин/ Г.Н. Синеоков. - Москва: Машиностроение, 1965. - 310 с.
2. Горин Г.С. Курсовая устойчивость пахотного МТА при работе с несимметричной тяговой нагрузкой/ Г.С. Горин, И.С. Сушко, М.М. Казак, А.В. Захаров// Агропанорама. – 2007. - № 3. - С. 18 - 23.
3. Высоцкий А.А. Динамометрирование сельскохозяйственных машин: Современные конструкции приборов и методов измерения. 3-е издание перераб. и доп. Москва: Машиностроение – 1968г. 291с.
4. Патент СССР №494631, МПК G01L 5/16, опубл. 05.12.75г., бюл. №45.
5. Заявка № u20090751 от 11.09.09., авторы Горин Г.С., Захаров А.В., Захарова И.О.

УДК 631.3.072

СТАБИЛИЗАЦИЯ ПАХОТНЫХ АГРЕГАТОВ В ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

Горин Г.С., докт. техн. наук, профессор, Захаров А.В., канд. техн. наук
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

Развитие пахотных агрегатов в РБ в последние годы определили тенденции применения тракторов мощностью (250–350 л.с.), оборотных плугов зарубежных фирм «Lemken» «Kverneland», «Gregoire Besson», «Rabewerk», «Regent», «Overum». Использование оборотных плугов на базе энергонасыщенных тракторов позволило улучшить выравнивание полей и копирование рельефа, повысить производительность труда, сократить время обработки почвы. В последние годы разработана и поставлена на производство гамма плугов белорусского производства. Одними из основных источников энергетических потерь у пахотных агрегатов с полунавесными и навесными плугами являются: трение полевых досок плуга в горизонтальной плоскости о стенку борозды; трение боковин колес трактора идущих в борозде так как стабилизация пахотного агрегата достигается за счет упора в её стенку; сдвиговые деформации контактов колёс с почвой, возникающие при стабилизации курсовой устойчивости пахотного агрегата путем блокировки межколесных и межосевых дифференциалов; частое воздействие на руль для выдерживания прямолинейности курсового движения.

На эти потери влияет выбор схемы вождения пахотного агрегата - симметричной или несимметричной. Применяют также вождение правыми колёсами в мелкой борозде, образованной заплужником (маркером). Наибольшее распространение у европейских производителей получила вторая схема. Пахотные МТА включая самые мощные на базе тракторов Беларус 2522 и Беларус 3522 традиционно работают правыми колёсами по дну борозды со смещённой влево тяговой нагрузкой, при этой схеме движения результирующая линия тяги проходит под углом Δ к оси симметрии трактора. Компания Lemken применяет механическую систему поддержания курсовой устойчивости OptiQuick. Другие европейские компании «Rabe», «Kverneland», «Gregoire Besson», оборудуют пахотные агрегаты устройствами стабилизации: управляемыми опорными тележками; дисками стабилизаторами, также используемые как дисковый нож; секциями дисковых катков присоединённых на управляемой штанге. Известны также устройства, включающие электронные системы управления взаимодействием трактора с орудием в горизонтальной плоскости, позволяющие снизить сдвиговые деформации в контактах колёс с почвой, а также потери в контактах плужных корпусов с почвой к таким относят Implement hitch and control system патент US №6.698.524 фирмы John Deere [1, 2] и др. Как следствие, уменьшаются паразитные силы и энергозатраты на почвообработку и перемещение пахотного МТА. Системы регулирования выполняют, как правило, мехатронными. Они включают измерительное устройство (датчики), микропроцессорный контроллер, где обрабатываются сигналы датчиков и вырабатываются