

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НАВЕСНЫХ УСТРОЙСТВ ТРАКТОРОВ
(Навесные агрегаты. Классификация и увеличение прочности
навесных устройств)

Рыжих Н.Е. – к. т. н., доцент

Кубанский государственный аграрный университет

В этом разделе работы рассматривается значение силового взаимодействия трактора и рабочей машины, которое в значительной степени зависит от способа соединения машины с трактором, влияющего на эффективность их работы. Предлагается классификация навесных устройств по способу вертикального перемещения рабочих органов в почве.

1. НАВЕСНЫЕ АГРЕГАТЫ

Создание навесных агрегатов явилось прогрессом в сельскохозяйственном производстве. Впервые навесные машины в Советском Союзе стали применяться в 1931 году. Для их управления применялся ручной привод, который впоследствии был заменен механическим подъемником, работающим от вала отбора мощности. Рабочие органы первых навесных машин были плохо приспособлены к рельефу поля, так как навесная машина реагировала на перекосы и крены трактора при прохождении агрегата через препятствия. Кроме того, каждая машина могла работать только с трактором, для которого была предназначена.

Вследствие этих недостатков навесные машины в довоенные годы не получили широкого распространения. Начиная с 1950 года, комплекс навес-

ных машин расширился. Этому способствовало создание более удобного, компактного, единоагрегатного гидроподъемника.

Менее жесткая одноточечная связь прицепных машин с тракторами уменьшает взаимодействие частей агрегатов, но и не создает положительных эффектов, присущих навесным агрегатам, таких, как управление рабочей машиной из трактора, незатруднительное транспортирование и другие.

Способ соединения машины с трактором имеет особое значение в связи с тем, что движение по неровностям поля приводит к значительным вертикальным ускорениям и большим инерционным силам, действующим на машину и трактор. Следствием этого является не только быстрый износ агрегата и потребление значительной энергии, но и нарушение технологии обработки почвы, затруднительное управление.

В конце 1957 г. наша промышленность освоила производство новой унифицированной отдельно-агрегатной гидросистемы.

Применение навесных машин и гидравлического управления открыло широкие возможности для значительного повышения рабочих скоростей, автоматизации процессов управления агрегатами и контроля над работой механизмов и рабочих органов, за тяговым сопротивлением навесных машин.

В настоящее время известно, что навесные машины имеют ряд бесспорных преимуществ перед прицепными: значительное уменьшение металлоемкости, повышение маневренности, внедрение дистанционного управления, а также отсутствие прицепщиков.

Однако отдельные навесные машины уступают прицепным по экономическим показателям. Поэтому при разработке навесных или прицепных машин необходим тщательный анализ целесообразности изготовления того или иного типа машин. Если навесная машина имеет худшие показатели, чем прицепная, нужно изготавливать прицепную машину или искать способы улучшения конструкции навесной машины или присоединительного устрой-

ства. Наиболее энергоемкую работу в сельскохозяйственном производстве выполняют пахотные агрегаты, при этом в навесных пахотных агрегатах наблюдается значительная вертикальная нагрузка на переднюю часть трактора (она обусловлена противодействием смещению агрегата от прямолинейного движения), повышающая его сопротивление перекачиванию. Вертикальная нагрузка на опорное колесо плуга при нормальной заглубляемости значительно больше необходимой [8]. Уменьшение этих нагрузок за счет их перераспределения на заднюю часть трактора автоматически, с помощью силы тяги и пропорционально ее изменению, а также подсоединение плуга к трактору менее жестко, чем серийной навеской, позволило бы более полно использовать мощность трактора на обработку почвы, снижая внутренние потери в агрегате, буксование и сопротивление перекачиванию передней части трактора и опорного колеса плуга.

Факторами силового воздействия прицепного орудия на трактор, изменяющими его сцепной вес, являются: величина, направление и точка приложения тягового усилия.

Силовое воздействие навесной машины на трактор более сложно и качественно разнообразно: на трактор частично или полностью передается сила тяжести навесной машины и реактивное сопротивление почвы, действующее на рабочие органы. При прочих равных условиях силовое воздействие навесной машины зависит от места ее расположения на тракторе, способа связи с трактором и метода регулирования ее работы. Изменение характера нагрузки на ходовую часть трактора может сказываться как положительно, так и отрицательно на основных показателях агрегата: устойчивости движения, управляемости, плавности хода, тягово-сцепных свойствах, и, таким образом, определять в целом ее эффективность.

Анализируя иностранные источники, мы приходим к выводу, что за рубежом прицепные машины находят ограниченное применение, и имеется тенденция расширения комплекса навесных и полунавесных машин [2].

2. КЛАССИФИКАЦИЯ НАВЕСНЫХ УСТРОЙСТВ ПО СПОСОБУ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МАШИН В ПОЧВЕ

В условиях энергетического кризиса особое значение приобретает уровень энергозатрат на вспашку. Это связано с изучением силового взаимодействия плуга и трактора (при различных схемах навески), влияющих на работу трактора, плуга и всего агрегата. Важнейшими показателями пахотных агрегатов являются: качество работы, обеспечение устойчивости и равномерности хода плуга по глубине и ширине захвата, выполнение других агротехнических требований по обработке почвы с применением методов оценки почвообрабатывающих машин с использованием существующих ГОСТов.

Равномерность глубины хода плуга связана с конструкцией навесного устройства и находится в прямой зависимости от вертикальных перемещений рабочих органов в почве, значений заглубляющего момента и других факторов.

Назначение опорного колеса плуга – ограничивать заглубление рабочих органов в вертикальной плоскости и поддерживать постоянство глубины их хода при изменчивости сил, действующих на плуг.

Наличие же на плуге дополнительных упоров в виде скользящих опорных поверхностей лезвия лемеха и полевой доски усложняет возможность поддержания постоянства глубины пахоты, поскольку необходимо иметь вертикальную нагрузку на плуге не только на опорном колесе, но и на этих опорных поверхностях. Опорная поверхность лезвия невелика, поэтому она мало влияет на заглубляемость, а пятка полевой доски, как указывает академик В.П. Горячкин [4], уменьшает возможность перемещения плуга, особенно когда невелик так называемый "затылочный" угол ϵ между нижней плоскостью корпуса и дном борозды (рис. 1).

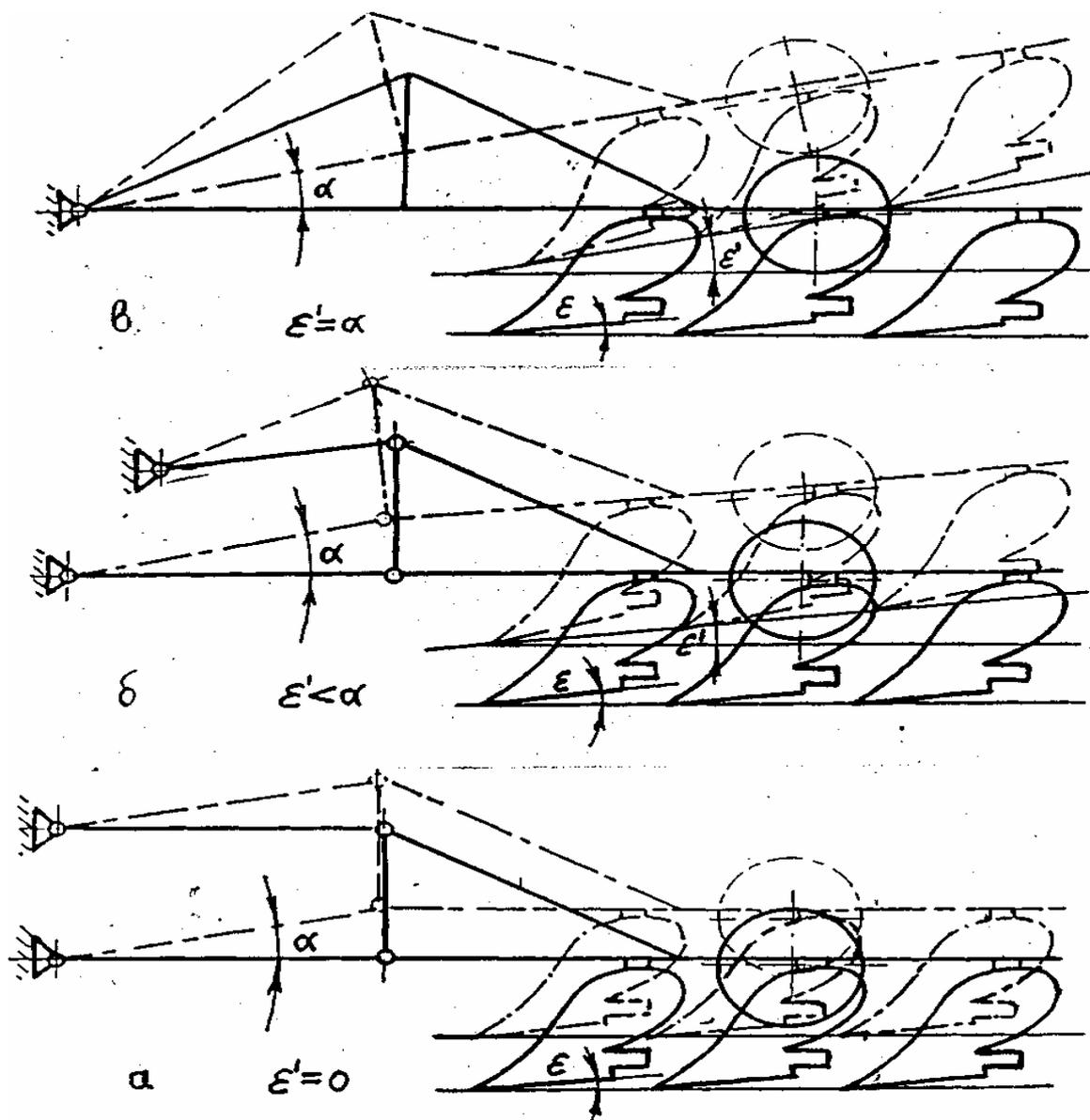


Рисунок 1 – Перемещение плуга в вертикальной плоскости при различных навесках: а – параллелограммной, б – серийной, в – маятниковой

Поэтому для устойчивого движения плуга по глубине без увеличения его вредного сопротивления от дополнительной вертикальной нагрузки следует иметь опору на колесе, исключив давление полевой доски за счет затылочного угла [7].

С учетом этих требований, проведенного анализа исследований [2–8] и создания навесных устройств на факультете механизации сельского хозяйст-

ва Кубанского госуниверситета предлагается классификация навесных устройств по способу перемещения рабочих органов машин в почве в вертикальной плоскости с оценкой их способности обеспечивать движение радиальное, почти параллельно поверхности и параллельное (рис. 2).

На навесных агрегатах с параллелограммной навеской (рис. 1а) затылочный угол e' плуга равен нулю. Одинаковое и параллельное заглубление всех рабочих органов достигается наличием на них положительных затылочных углов ε . Подъем в транспортное положение многокорпусного плуга при такой навеске необходимо осуществлять на значительную высоту, поскольку при горизонтальном положении поднятого невысоко плуга и появлении продольных колебаний агрегата на неровностях корпус будет ударяться о землю.

При работе агрегата с такой навеской через верхнюю тягу нагружаются и передние колеса, на гусеничном тракторе – передняя часть. Также сохраняется сравнительно жесткое соединение плуга с трактором [6].

Параллелограммные навески не нашли применения на пахотных агрегатах, хотя плуг размещается близко от трактора, обеспечивая лучшую маневренность.

На пахотных агрегатах с серийной навеской, а также с усовершенствованными навесками ХИМЭСХ и другими, обеспечивающими перемещение корпусов по вертикали почти параллельно поверхности поля (рис. 2), траектория движения корпусов плуга в почве в горизонтальной плоскости близка к прямой линии. Заглубление в начале работы достигается за счет положительного затылочного угла e' плуга (рис. 1б), который обеспечивается укороченной верхней тягой по сравнению с нижними.

Радиальное

Почти параллельное

Параллельное

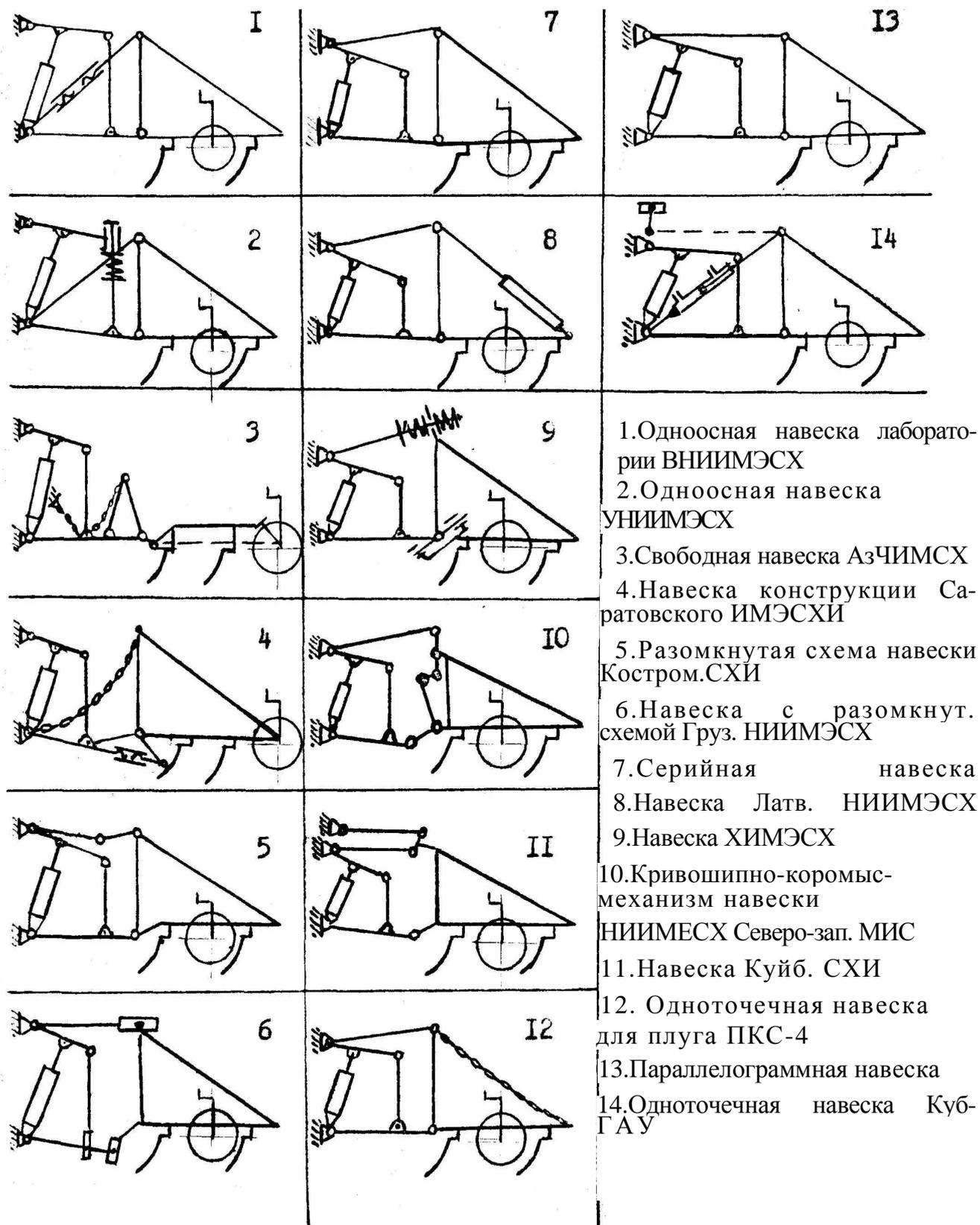


Рисунок 2 – Классификация навесных устройств по способу вертикального перемещения орудия в почве

По мере заглубления угол e' уменьшается, что приводит к ухудшению заглубляющего момента.

После заглубления оказывается, что линия результирующей сил сопротивления плуга проходит ниже направления нижних тяг [8]. Это вызывает сжатие верхней тяги, передающей нагрузку, в основном, на переднюю часть трактора, ухудшая тягово-сцепные свойства трактора и сохраняя жесткое соединение с плугом.

Плуги, навешенные маятниковым способом (навески ВНИИМЭСХ и другие, обеспечивающие радиальное перемещение, рис. 2), имеют возможность передвигаться в почве вертикально по дуге радиуса, равного расстоянию от точки прицепа до рабочего органа (рис. 1в).

При пахоте радиальное заглубление и "выглубление" в значительной степени происходит с помощью силы тяги и зависит от положения результирующей сил сопротивления плуга: под осью прицепа ниже – заглубление, выше – "выглубление". Такой навеской плуг с трактором соединен менее жестко, расположен близко к трактору, что обеспечивает его незатруднительный подъем. В транспортном положении из-за радиального подъема высота плуга над почвой может быть небольшой. В рабочем положении агрегат движется почти как прицепной, обеспечивая значительную вертикальную нагрузку трактора. Однако эта навеска не только ограничивает заглубляемость, но и вызывает существенную неравномерность хода рабочих органов по глубине, особенно у корпуса [3].

Как видно из рис. 2 и проведенного краткого анализа пахотных агрегатов с навесками, обеспечивающими радиальное, почти параллельное и параллельное перемещения рабочих органов, хорошо работают следующие навесные устройства:

1. Параллелограммная навеска, обеспечивающая одинаковое вертикальное перемещение всех корпусов плуга в почве параллельно поверхности

поля с сохранением постоянства затылочных углов при вспашке на любой возможной глубине.

2. Радиальная навеска, обеспечивающая менее жесткое соединение плуга с трактором и значительную нагрузку задних колес.

3. Серийная навеска, обеспечивающая корпусам плуга перемещение в вертикальной плоскости почти параллельно поверхности поля, а также способствующая хорошей заглубляемости плуга.

В результате анализа существующих навесных устройств, на основании этих разработок, учитывая лучшие их возможности, были созданы навесные устройства с опорной балкой, одноточечные, в том числе и конструкции КубГАУ [6].

3. ВОЗМОЖНОСТЬ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОЧНОСТИ НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА ТРАКТОРА

Как видно из предыдущих разделов, создание навесных агрегатов является прогрессом в механизации сельского хозяйства.

Навесное устройство, являющееся важной частью трактора, и схема конструкции навесок значительно влияют на работу агрегатов, что подтверждается созданием множества разработок.

Работа элементов навесных устройств подвержена динамическим знакопеременным нагрузкам. При пахоте верхняя тяга сжимается, препятствуя повороту плуга, опрокидывающегося на трактор. В транспортном положении она растягивается, удерживая плуг на весу.

По данным исследователей АзЧИМСХ [5], сжатие верхней тяги при пахоте трактором класса тяги 30 кН достигает - 20 кН. В транспортном положении верхняя тяга растянута осевым усилием и в 3–4 раза превышает усилие сжатия при пахоте.

Практика эксплуатации навесных плугов подтверждает их частые поломки. Чаще всего наблюдается смятие резьбы на наконечниках верхней тя-

ги и резьбовых пар раскосов механизма подъема из-за больших динамических и знакопеременных усилий в навеске, а также из-за несвоевременного подтягивания контргайки.

Резьбовая пара в верхней тяге и в раскосе навески состоит из винта (тяги) – 1, гайки (серьги) – 2 и контргайки – 3 (рис. 3).

Рассмотрим случай, когда плуг находится в транспортном положении, и к тяге приложена осевая сила F_a , которая уравнивается на серьге реакцией со стороны трактора (рис. 3).

Принято считать [1], что равнодействующая от затяжки контргайки F_3 приложена по оси тяги и действует от плоскости стыка контргайка-серьга. Сила F_3 контргайки растягивает тягу, а реакция винта сжимает стык.

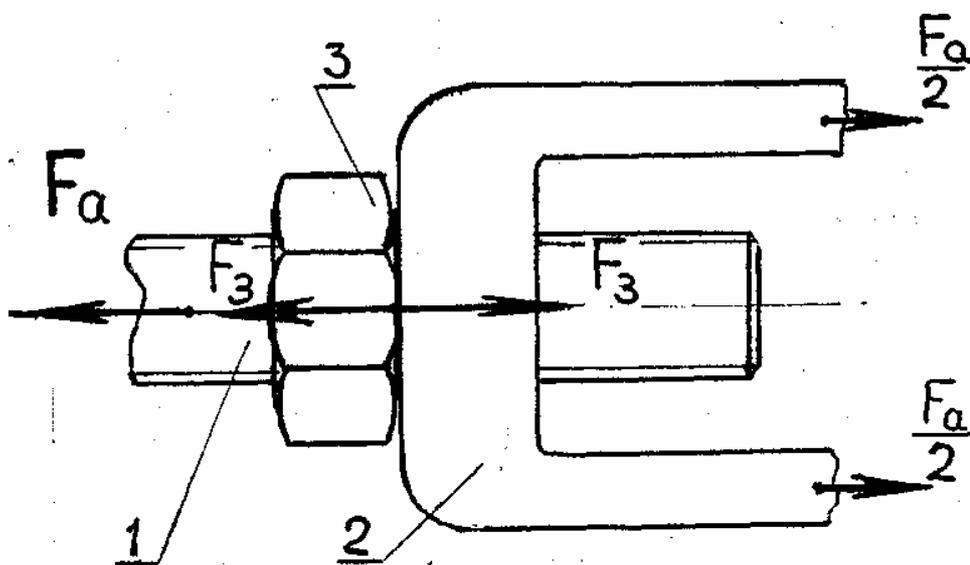


Рисунок 3 – Существующая конструкция тяги

При нагрузке тяги внешней силой F_a стык (контргайка-серьга) разгружается усилием $(1 - c)F_a$, а тяга получает дополнительное растягивающее усилие cF_a [1]. Таким образом, суммарная нагрузка на тягу в месте стыка –

$$F = F_3 + cF_a, \quad (1)$$

где: χ – коэффициент внешней нагрузки, для стальных деталей $c = 0,2$ [1].

Остаточная сила затяжки стыка –

$$F_c = F_3 - (1 - c)F_a. \quad (2)$$

Контргайка будет выполнять свою функцию при условии отсутствия зазора в стыке, то есть:

$$F_c > 0. \quad (3)$$

Преобразовав правую часть уравнения (2), имеем:

$$F_3 = k(1 - c)F_a, \quad (4)$$

где k – коэффициент затяжки, при переменной нагрузке $k=2...4$ [1].

Подставляя в уравнение (1), имеем:

$$F_3 = k(1 - c) + c]F_a. \quad (5)$$

Тягу необходимо рассчитывать на разрыв с учетом крутящего момента предварительной затяжки по расчетной силе [1]:

$$F_p = [1,3k(1 - c) + c]F_a. \quad (6)$$

Для резьбы М 36 и указанных ранее исходных величин имеем:

$$F_p = (137...349)10^3 \text{ Н}.$$

Тогда значения напряжений будут большими, в пределах (181...462) МПа, что явно недопустимо.

Известно [1], что усилие на стандартном ключе в 70...80 раз меньше создаваемого осевого усилия. Поэтому при затяжке контргайки до усилия

$F_p = (137...349)10^3 \text{ Н}$ необходимо приложить к стандартному ключу

усилие $F_{\text{кл}} = (1830...4653)\text{Н}$. Это невозможно как физически, так в силу недостаточной прочности ключа.

Мы видим, что причиной выхода соединения из строя является недостаточная затяжка контргайки до требуемой величины, а реализация требуемой расчетной величины затяжки ведет к разрушению соединения.

Рассмотрим случай установки контргайки с противоположной стороны серьги (изнутри, рис. 4). Сила затяжки контргайки, создавая напряжение на неработающем участке тяги, своей реакцией прижимает серьгу и контргайку друг к другу. Рабочая осевая нагрузка тяги F_a , так же, как и сила затяжки контргайки F_3 , воспринимается в основном первыми витками серьги [1], которые в этом случае расположены с разных сторон серьги.

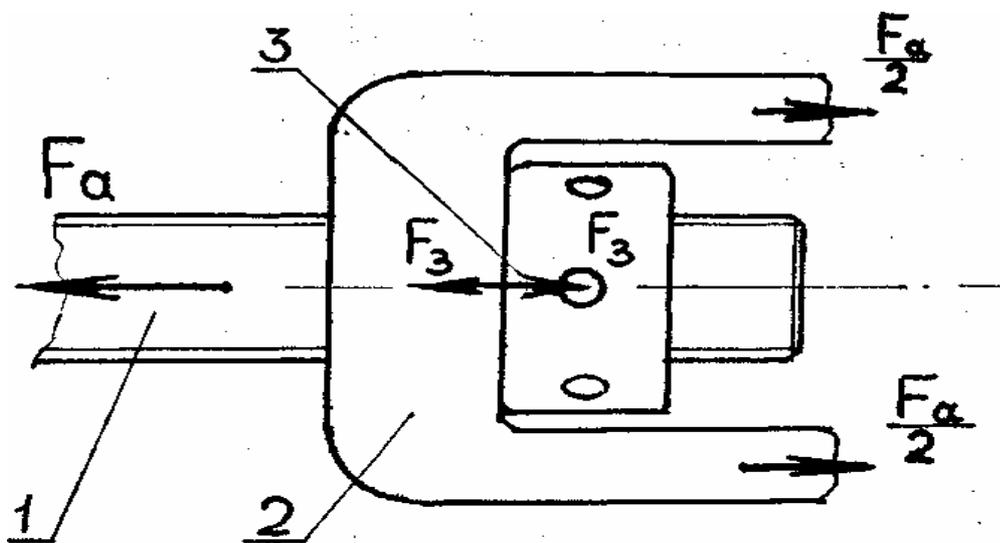


Рисунок 4 – Предлагаемая конструкция крепления тяги

Поэтому силы F_a и F_3 практически не влияют друг на друга, и контргайка будет выполнять свою функцию при значительно меньшем F_3 , т.к. согласно (2) и (3), при $F_a \approx 0$, имеем:

$$F_c = F_3 > 0.$$

Сила затяжки F_3 подготавливает контргайку к восприятию части тягового усилия F_a , которое уже будет распределяться и на контргайку, увеличивая число витков резьбы винта, участвующих в работе, уменьшая этим нагруженность соединения винт-серьга.

ВЫВОДЫ

1. В навесных агрегатах еще не полностью используются положительные свойства взаимодействия трактора и сельхозмашины ввиду недостатков, имеющих в навесных устройствах.

2. Классификация навесных устройств позволяет проследить их развитие и, учитывая недостатки каждой, создать устройства, которые бы обеспечивали лучшее взаимодействие трактора и сельхозмашины.

3. Анализ работы соединения контргайка-серьга показал:

1) динамический и знакопеременный характер нагрузки на тягу и недостаточное усилие затяжки контргайки приводит к ослаблению в соединениях резьбы винта с гайкой, а большая затяжка, дополнительно к силе тяги, увеличивает междувитковое давление;

2) при существующем месте установки контргайки затруднительно стандартным ключом обеспечить требуемое усилие ее затяжки, а при попытке ее реализации соединение перегружается;

3) работоспособность соединения можно обеспечить установкой на тягу контргайки с противоположной стороны серьги (изнутри);

4) учитывая динамический и знакопеременный характер нагрузки, можно рекомендовать установку на тяге двух контргайек с обеих сторон.

Список литературы

1. Биргер И.А. Резьбовые соединения / И.А. Биргер, Г.В. Иосилевич. – М.: Машиностроение, 1973.
2. Балабанов Е.Т. Исследование влияния догрузателей ведущих колес на сцепной вес трактора. / Дис. к. т. н. – Краснодар, 1976. – 64 с.
3. Венчиков Н.А. Механизация обработки почвы / Н.А. Венчиков, И.Е. Попов, Е.И. Куценко, М.Ф. Пиранков. – М.: Колос, 1972. – 70 с.
4. Горячкин В.П. Об устойчивости пахотных орудий ВКН: Собр. соч. – М., 1997. – Т. 3. – 108 с.
5. Елецкий А.И. О силовом взаимодействии навесного плуга с трактором / А.И. Елецкий, И.Е. Попов // Труды АзЧИМСХ. – 1963. – Вып.18.
6. Рыжих Н.Е. Механизм навески трактора. А.С. №1033030. БИ №29, 1983.
7. Сабликов М.В. Сельскохозяйственные машины. – М.: Колос, 1968. – 295 с.
8. Синеоков Г.И. Проектирование почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение, 1965.