

детали, качества обработки поверхности, технологических факторов можно значительно снизить трудоемкость определения коэффициента безопасности по усталостному разрушению для вала, а значит, оценить его прочность, особенно если составить программу и выполнять подобный расчет на компьютере.

УДК 631.334

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПОСЕВНОГО АГРЕГАТА С ТРАКТОРОМ «БЕЛАРУС»**

*О.А. Манько – магистрантка БГАТУ  
Научный руководитель – к.т.н., доцент О.И. Мисуню*

Обработка почвы и посев – важнейшие агротехнические приемы земледелия. Именно они создают почвенные условия, в которых произрастают и в дальнейшем развиваются растения. Агротехнической наукой установлено, что в идеале для роста растений почва посевного слоя растений должна содержать примерно 45% минеральных веществ, 5% органических веществ и 50% пористого пространства, заполненного равным количеством (по 25%) воды и воздуха. Нарушение этого состава ведет к недобору урожая. Например, снижение воздушной составляющей в результате переуплотнения почвы катками, ходовыми колесами тракторов и другой техники, наличие плужной подошвы и т.д. приводит к недобору до 10–25% урожая. С другой стороны, излишнее рыхление почвы, особенно легкой по механическому составу, ускоряет процессы испарения влаги, снижает подъем ее к корневой системе растений, в результате чего создается дефицит влаги, ведущий к снижению урожая до 10–12%.

В последние годы во всех развитых странах мира ведутся интенсивные поиски новых технологических приемов обработки почвы, направленные на защиту ее от эрозионных процессов, сохранение и повышение плодородия почвы, а также на сокращение трудовых, денежных и энергетических затрат. Другим важным фактором, определяющим развитие почвообрабатывающей и посевной техники, является рост энерговооруженности сельского хозяйства, в том числе путем увеличения единичной мощности тракторов.

Повышение энергонасыщенности тракторов и развитие машинных технологий возделывания сельскохозяйственных культур привело к опережению роста массы технологической части МТА относительно роста массы трактора. С применением комбинированных агрегатов масса

технологической части агрегата сравнялась с массой энергетической части, и можно прогнозировать, что в будущем масса технологической части агрегата будет превосходить массу энергетической.

Противоречие между необходимостью снижения веса трактора и сохранением тягово-сцепных свойств можно устранить, если в качестве сцепного использовать вес всего агрегата, включая технологическую часть, а не только вес трактора.

Радикальный способ увеличения относительной доли сцепного веса в агрегате, или активизации веса агрегаструируемой машины – это оснащение его технологической части ведущими колесами, приводимыми от системы отбора мощности. В этом случае только часть мощности двигателя будет реализовываться через ходовую систему трактора и его удельная материалоемкость может быть снижена. При использовании таких тракторов с сельскохозяйственными машинами небольшой удельной материалоемкости, целесообразно дополнять их промежуточными тележками с ведущими колесами, которую при необходимости можно балластировать. В зависимости от соотношения сцепных весов трактора и тележки активно приводные колеса последней могут обеспечить прирост тягового усилия от 50 до 100%.

В этой связи рассмотрим целесообразность построения комбинированного агрегата совмещающего предпосевную обработку почвы и посев зерновых культур на основе энергонасыщенных тракторов, реализующих часть мощности двигателя на привод опорных колес сельскохозяйственной машины. В состав агрегата входят энергонасыщенный колесный трактор «Беларус» и комбинированный почвообрабатывающе-посевной агрегат АПП-6. Мощность двигателя энергетического средства при этой схеме построения агрегата реализуется через ходовой аппарат трактора (энергетического модуля) и передается на привод опорной тележки орудия (технологического модуля). Трактор в данном случае выполняет функцию тягово-энергетического средства.

Принципиальная схема реализации мощности двигателя трактора при работе с почвообрабатывающей посевной машиной изображена на рис. 1. На схеме выделяются условно пять зон. Мощность, потребляемая агрегатом на выполнение технологического процесса подразделяется на два потока:

- поток мощности, передаваемый на привод движителей трактора;
- поток мощности, передаваемой на привод опорной тележки комбинированного агрегата.

Зона I характеризует величину номинальной мощности двигателя энергетического средства  $N_n$ . В зоне II представлены общие затраты мощности агрегатом на выполнение технологического процесса  $N_c$ . В зоне III происходит разделение потока мощности, следующего от двигателя на две ветви:

$N_\beta$  – мощность, реализуемая движителями трактора;

$N_\alpha$  – мощность, реализуемая движителями технологического модуля.

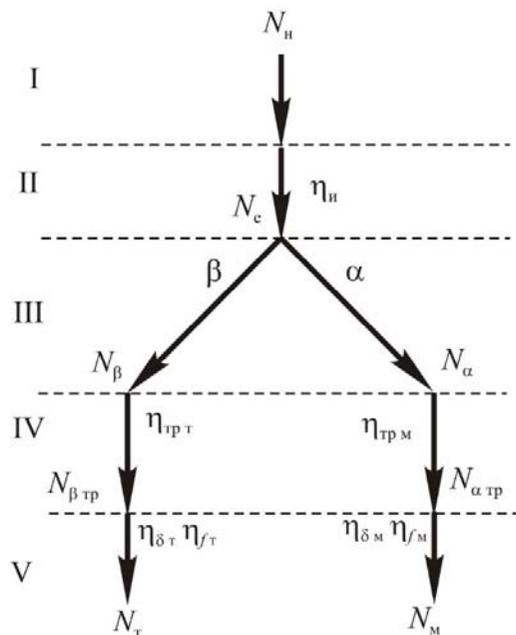


Рис. 1. Принципиальная схема реализации мощности двигателя трактора

Граница деления зон II и III на кинематической схеме трактора, соответствует выходному концу коленчатого вала двигателя. В зоне III разделённые потоки мощности преобразуются трансмиссиями каждой ветви, характеризующиеся:

$\eta_{tr\ t}$  – КПД трансмиссии энергетического модуля;

$\eta_{tr\ m}$  – КПД трансмиссии технологического модуля.

В зоне IV поток мощности преобразуется движителями энергетического и технологического модуля. Здесь возникают потери мощности на сопротивление передвижению и буксование, определяемые коэффициентами:  $\eta_{f\ t}$  и  $\eta_{f\ m}$ ,  $\eta_{\delta\ t}$  и  $\eta_{\delta\ m}$  – характеризующим потери мощности на передвижение и буксования движителей, соответственно, энергетического и технологического модуля.

Граница деления III и IV зон соответствуют на кинематической схеме движителям трактора и опорной тележки. В зоне V отражены затраты мощности непосредственно необходимые для выполнения технологического процесса трактором в агрегате о почвообрабатывающе-посевной машиной, имеющей приводные опорные колеса, где  $N_t$  – тяговая мощность энергетического модуля;  $N_m$  – тяговая мощность технологического модуля. Граница деления IV и V зон соответствуют на принципиальной схеме почвообрабатывающего агрегата прицепному устройству трактора, опорной тележки.

Существенное влияние на эффективность работы почвообрабатывающе-посевной машины, на производительность агрегата, на снижение энергетических затрат на выполнение технологического процесса оказывает буксование. Величина буксования ведущих колес сельскохозяйственных агрегатов характеризуется отношением потерянной скорости поступательного движения к возможному ее теоретическому значению. При этом из-за буксования теряется часть мощности, передаваемой от двигателя энергетического средства через трансмиссию к движителям.

Проанализируем потери мощности на буксование  $N_\delta$  при работе почвообрабатывающе-посевного агрегата, имеющего приводные опорные колеса, у которого часть веса машины для создания касательной силы тяги.

Величина теряемой мощности пропорциональна величине буксования и определяется по уравнению

$$N_\delta = (F_T + G_T f_T) \frac{v \delta_T}{1 - \delta_T} + (F_M + G_M f_M) \frac{v \delta_M}{1 - \delta_M}, \quad (1)$$

где  $F_T$  – тяговое усилие на крюке трактора;

$F_M$  – тяговое усилие создаваемое технологическим модулем;

$G_T$ ,  $G_M$  – вес, соответственно, трактора и агрегата;

$f_T$ ,  $f_M$  – коэффициент сопротивления качению, соответственно, трактора и технологического модуля;

$\delta_T$ ,  $\delta_M$  – буксование движителей, соответственно, трактора и технологического модуля.

Результаты тяговых испытаний тракторов Беларусь на поле подготовленном под посев можно аппроксимировать уравнением вида:

$$\delta_T = a_0 \left( \frac{F_T + f_T}{G_T} \right)^4 + b_0 \left( \frac{F_T + f_T}{G_T} \right)^2 + c_0 \left( \frac{F_T + f_T}{G_T} \right), \quad (2)$$

где  $a_0, b_0, c_0$  – постоянные коэффициенты, определяемые из кривых буксования;  $\varphi_{\max}$  – максимальное значение коэффициента использования сцепного веса.

Буксование движителей технологического модуля можно представить уравнением аналогичным уравнению (2):

$$\delta_M = a_0 \left( \frac{F_M + f_M}{G_M} \right)^4 + b_0 \left( \frac{F_M + f_M}{G_M} \right)^2 + c_0 \left( \frac{F_M + f_M}{G_M} \right), \quad (3)$$

где  $G_M$  – сцепной вес технологического модуля, примерно равный  $G_M = 0,6G_a$ .

Тяговое сопротивление почвообрабатывающе-посевного агрегата равно

$$P = F_T + F_M. \quad (4)$$

Доля тягового усилия трактора составит

$$\varepsilon_T = \frac{F_T}{P} = \frac{F_T}{F_T + F_M}. \quad (5)$$

Тогда тяговое усилие энергетического и технологического модулей могут быть представлены

$$F_T = \varepsilon_T P; \quad F_M = \varepsilon_M P = (1 - \varepsilon_T) P, \quad (6)$$

где  $\varepsilon_M$  – доля тягового усилия технологического усилия.

В процессе агрегата всегда обеспечивается равенство

$$\varepsilon_T + \varepsilon_M = 1. \quad (7)$$

Подставляя выражения (4) – (6) в (2) и (3) построим графические зависимости буксований движителей энергетического и технологического модулей от доли тягового усилия трактора в тяговом сопротивлении орудия  $\varepsilon_T$  (рис. 2). Подставляя выражения (2) – (6) в (1) построим графическую зависимость потерь мощности на буксование при работе почвообрабатывающе-посевного агрегата с трактором «Беларус 3022» от величины  $\varepsilon_T$  (рис. 3). В расчетах приняты следующие данные:  $a_0 = 0,245$ ;  $b_0 = -0,336$ ;  $c_0 = 0,237$ ;  $P = 50000$  Н;  $G_T = 115000$  Н;  $G_a = 66700$  Н;  $v = 2,5$  м/с;  $\varphi_{\max} = 0,6$ ;  $f_T = f_M = 0,2$ .

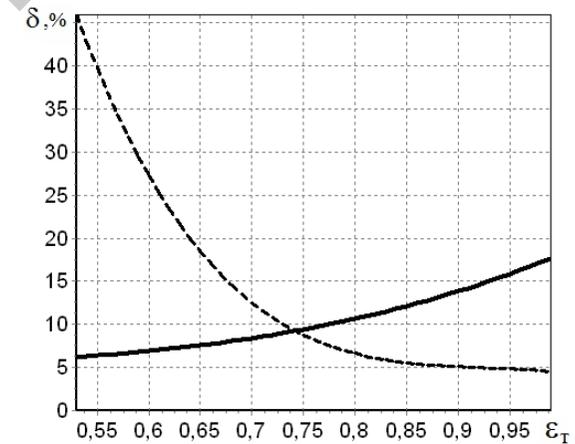


Рис. 2. Зависимости буксований движителей энергетического (—) и технологического (---) модулей от доли тягового усилия трактора «Беларус 3022» в тяговом сопротивлении орудия  $\varepsilon_T$

Анализ построенных графических зависимостей показывает, что наименьшие потери мощности на буксование достигаются при одинаковых буксованиях движителей энергетического и технологического модулей, т.е.  $\delta_T = \delta_M$ . Тогда

$$\frac{F_T}{G_T} = \frac{F_M}{G_M}. \quad (8)$$

УДК 372.881

## МОДЕЛИРОВАНИЕ МАЛОГАБАРИТНЫХ АГРЕГАТОВ

*М.П. Буйнич, А.А. Якушик – студенты 3 курса БГАТУ  
В.А. Дубинчик, М.Ю. Ходаковский, А.А. Акулов, Ф.Н. Курамин – студенты 2 курса БГАТУ*

*Научные руководители – к.т.н., доцент А.Г. Вабищевич,  
м.т.н., ассистент А.Н. Кудинович*

Подготовка творчески мыслящих специалистов является сегодня одной из важных задач профессионального образования.

В системе профессиональной подготовки инженера любого профиля важное место занимает графическая подготовка, во многом определяющая уровень инженерно-технического образования специалиста. Причем крайне необходимо формирование нового типа графической культуры, технического мышления, адаптированного к конструкторско-технологическим инновациям современного производства [1].

Использование компьютерных технологий становится обязательным условием качественного обучения и подготовки будущих специалистов.

Возможности современных компьютерных программ позволяют создать динамическую, пространственную и плоскостную модель любого механизма. При создании чертежей общего вида и сборочных чертежей отпадает необходимость в наличии реальных узлов, поскольку существует возможность заменить их компьютерными моделями и продемонстрировать процесс сборки и работы непосредственно на экране монитора. Рекомендуется создание моделей деталей, узлов, агрегатов, входящих в сборочные чертежи, для наглядной демонстрации процесса сборки, облегчения понимания назначения и принципа действия устройства машины.

Компьютерная модель призвана заменить реальный агрегат для изучения его устройства, принципа действия и последовательности сборки и рекомендуется в качестве наглядного пособия для студентов, выполняющих сборочный чертеж узла, агрегата или машины.

В этих целях могут использоваться графические редакторы, такие как КОМПАС-3Д, различные САД-системы.

Для составления схем малогабаритных сельскохозяйственных агрегатов использован графический редактор компас-3д.

Для наглядной демонстрации процесса сборки агрегатов, облегчения

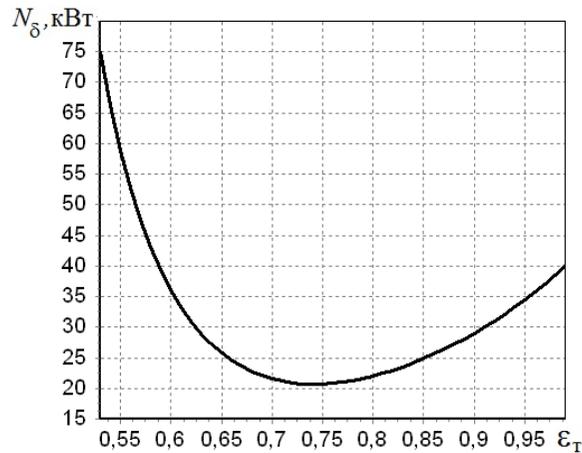


Рис. 3. Зависимость потерь мощности на буксование при работе почвообрабатывающе-посевного агрегата с трактором «Беларус 3022» от величины  $\epsilon_T$

Принимая во внимание выражения (4) и (8) получим

$$F_T = P \frac{G_T}{G_T + G_M}; \quad F_M = P \frac{G_M}{G_T + G_M}. \quad (9)$$

Таким образом, наименьшие потери мощности на буксование при работе почвообрабатывающего-посевного агрегата, построенного по модульной схеме, у которого функции энергетического модуля выполняет трактор «Беларус», технологического модуля – опорная приводная тележка достигаются при одинаковых буксованиях движителей модулей и при этом тяговые усилия модулей пропорциональны их сцепному весу.