

МЕХАΝІЗАЦЫЯ І ЭНЕРГЕТЫКА

УДК 631.312

М. Д. ПОДСКРЕБКО

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ПАХОТНЫХ АГРЕГАТОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ПЕРЕДАЧИ МОЩНОСТИ ОТ ДВИГАТЕЛЯ ТРАКТОРА К РАБОЧЕЙ МАШИНЕ

Белорусский государственный аграрный технический университет

(Поступила в редакцию 17.01.2006)

Важным показателем совершенства пахотного агрегата является его КПД. Разработка точных и достаточно простых способов определения КПД плуга и агрегата в целом имеет большое научное и практическое значение для совершенствования и оценки конструкций плугов, рабочих органов, способов реализации мощности двигателя трактора.

При работе плугов значительная часть энергии тратится непроизводительно: на передвижение машин по полю, преодоление сил трения на полевых досках и рабочих органах, в передаточных механизмах.

Академик В. П. Горячкин определяет КПД плуга как отношение полезного сопротивления, включающего силы трения на рабочих поверхностях, сопротивления деформации пласта, связанные с его крошением и подрезанием, сопротивления, вызываемые сообщением частицам разрушенного пласта кинетической энергии при отбрасывании его в борозду, к общему сопротивлению плуга [1]:

$$\eta_{\text{пл}} = \frac{(k + \varepsilon v^2) a B_p}{Gf + (k + \varepsilon v^2) a B_p}. \quad (1)$$

Основным недостатком формулы, приводящим при ее практическом использовании к существенным противоречиям, является отсутствие в ней четкого разделения сопротивления плуга на «полезные» и «вредные». Из формулы следует: чем дальше отбрасывается пласт с увеличением скорости (больше член εv^2), чем больше трение пластов о рабочие поверхности, сопротивление почвы резанию лемехами и полевыми обрезами отвалов, тем выше КПД плуга, что противоречит сущности КПД.

Отмеченные противоречия послужили причиной того, что КПД плуга как оценочный критерий технического совершенства орудия не определяется при испытании плугов на машиноиспытательных станциях и в научно-исследовательских учреждениях. Если принять член $(k + \varepsilon v^2)$ за полезную часть сопротивления, то формула (1) будет определять механический КПД плуга как механизма, но не как КПД сельскохозяйственного орудия, предназначенного для целесообразного изменения состояния обрабатываемой почвы, устанавливаемого агротехническими требованиями. Механический КПД $\eta_{\text{мех}}$ не может служить достаточной энергетической оценкой плугов, отличающихся конструкцией и характером воздействия рабочих органов на почву.

С целью уточнения понятия КПД плуга и методики его определения рекомендуется полный КПД плуга расчленить на технологический, характеризующий энергетическое совершенство рабочих органов, и механический (частный), характеризующий совершенство конструкции плуга как механизма [2–4].

Общий КПД плуга в этом случае будет равен произведению механического и технологического КПД:

$$\eta_{\text{пл}} = \eta_{\text{мех}} \eta_{\text{тех}}. \quad (2)$$

При определении технологического КПД полезными следует считать лишь те затраты энергии, которые вытекают непосредственно из задач выполнения основных агротребований, предъявляемых к вспашке, – это обеспечение требуемого крошения и оборота пласта.

Для вычисления полезной энергии в работах [2–4] предложены формулы, однако они не учитывают качественных показателей работы плуга, определяющих конечную цель процесса, и поэтому не могут служить достаточной энергетической оценкой плугов, отличающихся конструкцией и характером воздействия рабочих органов на почву.

Пусть A – полная работа, затрачиваемая на перемещение плуга на пути $\Delta L = v\Delta t$ (v – рабочая скорость агрегата); $A_{\text{р.о}}$ – работа, фактически затраченная рабочими органами при взаимодействии с почвой. Эта работа зависит от формы и выбора параметров, режимов работы, характера воздействия на обрабатываемую среду; $A_{\text{р.о}}^{\text{арп}}$ – агротехническая работа, выполненная рабочими органами. Тогда механический КПД плуга будет равен отношению

$$\eta_{\text{мех}} = \frac{A_{\text{р.о}}}{A}. \quad (3)$$

Технологический КПД определится выражением

$$\eta_{\text{тех}} = \frac{A_{\text{р.о}}^{\text{арп}}}{A_{\text{р.о}}}. \quad (4)$$

КПД плуга будет равен

$$\eta_{\text{пл}} = \frac{A_{\text{р.о}}}{A} \frac{A_{\text{р.о}}^{\text{арп}}}{A_{\text{р.о}}} = \frac{A_{\text{р.о}}^{\text{арп}}}{A}. \quad (5)$$

Если перейти к затратам работ в единицу времени, то общий КПД плуга выразится через отношение соответствующих мощностей:

$$\eta_{\text{пл}} = \frac{N_{\text{р.о}}}{N} \frac{N_{\text{р.о}}^{\text{арп}}}{N_{\text{р.о}}} = \frac{N_{\text{р.о}}^{\text{арп}}}{N}. \quad (6)$$

Для лемешно-отвальных плугов, потребляющих мощность только через прицепное устройство:

$$\eta_{\text{пл}}^{(\text{п})} = \frac{N_{\text{р.о}}}{N_{\text{кр}}} \frac{N_{\text{р.о}}^{\text{арп}}}{N_{\text{р.о}}} = \frac{N_{\text{р.о}}^{\text{арп}}}{N_{\text{кр}}}. \quad (7)$$

Для фрез и ротационных плугов, потребляющих мощность только через ВОМ трактора:

$$\eta_{\text{пл}}^{(\text{ф})} = \frac{N_{\text{р.о}}^{(\text{а})}}{N_{\text{ВОМ}}} \frac{N_{\text{р.о}}^{\text{арп}}}{N_{\text{р.о}}^{(\text{а})}} = \frac{N_{\text{р.о}}^{\text{арп}}}{N_{\text{ВОМ}}}. \quad (8)$$

Для ротационных плугов и плугов с комбинированными рабочими органами, потребляющими мощность через прицепное устройство и ВОМ трактора:

$$\eta_{\text{пл}}^{(\text{к})} = \frac{N_{\text{р.о}}^{(\text{а})} + N_{\text{р.о}}^{(\text{п})}}{N_{\text{кр}} + N_{\text{ВОМ}}} \frac{N_{\text{р.о}}^{\text{арп}}}{N_{\text{р.о}}^{(\text{а})} + N_{\text{р.о}}^{(\text{п})}} = \frac{N_{\text{р.о}}^{\text{арп}}}{N_{\text{кр}} + N_{\text{ВОМ}}}, \quad (9)$$

где $N_{\text{р.о}}^{(\text{а})}$ и $N_{\text{р.о}}^{(\text{п})}$ – мощность, потребляемая соответственно активными и пассивными рабочими органами.

Формулы (7)–(9) будут характеризовать степень совершенства плуга только в том случае, когда работа $A_{\text{р.о}}^{\text{арп}}$ ($N_{\text{р.о}}^{\text{арп}}$) по величине будет соответствовать $A_{\text{арп}}^{\text{треб}}$ – минимально необходимой работе для обеспечения требуемого качества вспашки (степени крошения и оборота пласта).

Минимальная агротехнически необходимая работа обуславливается только свойствами почвы, агротехническими требованиями к вспашке и не зависит ни от конструктивных параметров и типа рабочих органов, ни от характера их воздействия на почву.

Агротехнически необходимая работа, или мощность для получения заданного качества, согласно агротребованиям, а также агротехническая работа, выполненная плугом, согласно снятию качественных показателей вспашки, будет равна [5]

$$A_{\text{агр}} = \sigma_0 S_{\text{п}} a B_{\text{р}} L + \frac{1}{400} \gamma B_{\text{р}} a^2 L, \quad (10)$$

или

$$N_{\text{агр}} = \sigma_0 S_{\text{п}} a B_{\text{р}} v_{\text{р}} + \frac{1}{400} \gamma B_{\text{р}} a^2 v_{\text{р}}, \quad (11)$$

где σ_0 – удельная поверхностная энергия (удельная энергоемкость). Для суглинистых почв на основе опытов $\sigma_0 = 0,00283 \text{Н} \cdot \text{м} / \text{см}^2$; $S_{\text{п}}$ – величина свободной поверхности, приходящаяся на объемную единицу, $\text{см}^2 / \text{см}^3$; a – глубина пахоты, см; $B_{\text{р}}$ – рабочая ширина захвата плуга, см; L – длина гона, см; $v_{\text{р}}$ – рабочая скорость агрегата, см/с; γ – удельный вес почвы, $\text{Н} / \text{см}^3$.

Однако простая замена величин $A_{\text{р.о}}^{\text{агр}}$, или $N_{\text{р.о}}^{\text{агр}}$, на величины $A_{\text{агр}}^{\text{треб}}$, или $N_{\text{агр}}^{\text{треб}}$, при энергетической оценке совершенства различных рабочих органов также может приводить к недоразумениям во всех случаях, когда фактически произведенная рабочими органами агротехнически полезная работа будет меньше требуемой агротехникой. Другими словами, рабочие органы, производящие недостаточное крошение и оборот пласта, будут иметь технологический КПД выше, чем рабочие органы, у которых качество работы приближается к требуемому.

Для устранения указанного недостатка в формулу технологического КПД необходимо ввести еще агротехнический КПД процесса, характеризующий степень соответствия получаемого качества требуемому агротехникой. Так как по вкладываемому смыслу этот КПД будет равен единице только тогда, когда качество вспашки соответствует заданному, т. е. когда фактически произведенная рабочим органом полезная работа крошения, оборота и перемешивания почвы, определенная на основе снятия качественных показателей, будет равна минимально необходимой $A_{\text{агр}}^{\text{треб}}$, устанавливаемой на основе агротребований, поэтому он должен определяться как отношение меньшей величины к большей:

$$\eta_{\text{агр}} = \frac{A_{\text{агр}}^{\text{треб}}}{A_{\text{р.о}}^{\text{агр}}} \text{ и } \eta_{\text{агр}} = \frac{A_{\text{р.о}}^{\text{агр}}}{A_{\text{агр}}^{\text{треб}}}$$

при $A_{\text{агр}}^{\text{треб}} < A_{\text{р.о}}^{\text{агр}}$ и $A_{\text{р.о}}^{\text{агр}} < A_{\text{агр}}^{\text{треб}}$,

или $\eta_{\text{агр}} = \frac{N_{\text{агр}}^{\text{треб}}}{N_{\text{р.о}}^{\text{агр}}}$ и $\eta_{\text{агр}} = \frac{N_{\text{р.о}}^{\text{агр}}}{N_{\text{агр}}^{\text{треб}}}$

при $N_{\text{агр}}^{\text{треб}} < N_{\text{р.о}}^{\text{агр}}$ и $N_{\text{р.о}}^{\text{агр}} < N_{\text{агр}}^{\text{треб}}$.

Окончательно выражение для полного КПД плуга примет вид

$$\eta_{\text{пл}} = \eta_{\text{мех}} \eta_{\text{тех}} \eta_{\text{агр}}, \quad (12)$$

где $\eta_{\text{тех}} = \frac{A_{\text{р.о}}^{\text{агр}}}{A_{\text{р.о}}}$, или $\eta_{\text{тех}} = \frac{N_{\text{р.о}}^{\text{агр}}}{N_{\text{р.о}}}$, – технологический КПД рабочих органов.

Формула (12) применима для оценки различных плугов независимо от их веса, конструкции и характера воздействия рабочих органов на почву. Она вполне отражает сущность КПД орудия, позволяет вскрывать источники потерь энергии при его работе, дает возможность проводить объективную оценку орудий при испытаниях в МИС. Сравним, используя экспериментальные данные, КПД ротационного плуга РП-200 конструкции ВИСХОМ на режиме пахоты и стандартного лемешно-отвального плуга ПН-4–35, отличающихся конструкцией рабочих органов и спо-

собами передачи энергии от двигателя к рабочей машине, работающих в одинаковых условиях на одинаковой глубине и скорости [6]. При подсчете агротехнически требуемой работы принимаются агротехнические показатели, рекомендуемые для черноземных почв Почвенным институтом им. В. В. Докучаева, а также результаты агротехнической оценки различных корпусов плуга, приведенные в работе П. У. Бахтина [7]. Величина суммарной площади свободной поверхности определялась на основе фракционного состава пашни сравниваемых орудий.

Т а б л и ц а 1. Расчетные значения КПД сравниваемых плугов

Тип орудия	$\eta_{\text{агр}}$	$\eta_{\text{мех}} \eta_{\text{тех}}$	$\eta_{\text{пл}}$
ПН-4-35	0,396	0,383	0,154
РП-200 (при установке рыхлительных лап)	0,833	0,532	0,443
РП-200 (без рыхлительных лап)	0,833	0,499	0,416

Из табл. 1 следует, что в данных почвенных условиях корпуса культурного типа имеют очень низкие как технологический, так и агротехнический КПД. Рабочие органы ротационного плуга имеют достаточно высокий агротехнический КПД, поэтому пашня после их обработки почти не нуждается в проведении дополнительных операций. Однако технологический КПД их низок, что указывает на несовершенство процесса передачи энергии пласту путем механического разрезания его на отдельные стружки активными режущими рабочими органами.

Для определения КПД пахотных агрегатов воспользуемся теорией графов. С этой целью мобильный агрегат будем представлять в виде сигнального графа, на котором элементы системы (механизмы) будут изображаться стрелками (ветвями), а источники и потребители энергии – точками (узлами). Так как промежуточные элементы (механизмы) служат только для передачи или преобразования энергии, то в энергетическом смысле достаточно их характеризовать величиной КПД.

Введем для сигнального графа следующие правила:

1. После прохождения по ветви с коэффициентом полезного действия η_i мощность имеет величину, умноженную на η_i ветви.
2. Коэффициент полезного действия ветви η_i равен КПД соответствующего механизма.
3. Окончание ветви всегда является узлом.
4. Для любого узла справедливо уравнение непрерывности потока: сумма потоков, входящих в узел, равна сумме потоков, выходящих из этого узла, т. е. алгебраическая сумма потоков в узле всегда равна нулю.
5. Распределение по ветвям образующегося в узле потока мощности происходит строго в соответствии с характеристиками каждой ветви, определяемыми параметрами механизмов, включенных в данную ветвь.
6. Все обратные потоки мощности учитываются со своими знаками.
7. КПД ветвей, у которых отсутствуют потери мощности, принимаются равными единице.

На основании изложенных правил получим, что при последовательной передаче мощности по ветвям общий КПД системы будет равен

$$\eta = \prod_{i=1}^n \eta_i, \quad (13)$$

где η_i – КПД отдельных ветвей (блоков, механизмов) сигнального графа; при параллельной передаче энергии по ветвям КПД системы

$$\eta = \sum_{i=1}^n \eta_i \eta'_{uci}, \quad (14)$$

где η'_{uci} – доля эффективной мощности двигателя, реализуемая в данной ветви.

Тракторный агрегат с реализацией мощности двигателя только через прицепное устройство описывается сигнальным графом, представленным на рис. 1.

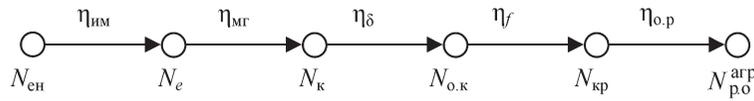


Рис. 1. Сигнальный граф тракторного агрегата при реализации мощности двигателя только через прицепное устройство
Условные обозначения, принятые на рис. 1–8:

$N_{ен}$ – номинальная мощность двигателя; N_e – эффективная мощность двигателя, передаваемая первичному валу трансмиссии; N_k – мощность, подводимая к движителям трактора; $N_{о.к}$ – мощность, передаваемая остову трактора при наличии буксования движителей; $N_{кр}$ – полезная мощность на крюке трактора (тяговая мощность трактора);

$N_{р.о.агр}$ – мощность, затрачиваемая рабочими органами на совершение полезной работы; $\eta_{им} = \frac{N_e}{N_{ен}}$ – коэффициент использования номинальной мощности двигателя; $\eta_{мг} = \frac{N_k}{N_e}$ – механический КПД трансмиссии, характеризующий

потери на трение при передаче мощности от двигателя к движителям трактора; $\eta_{\delta} = \frac{N_{о.к}}{N_k}$ – КПД, характеризующий

потери от буксования движителей; $\eta_f = \frac{N_{кр}}{N_{о.к}}$ – КПД, характеризующий потери на качение трактора или агрегата

с навесным орудием; $\eta_{о.р} = \frac{N_{р.о.агр}}{N_{кр}}$ – механический КПД рабочей машины (орудия)

Согласно графу, КПД агрегата будет следующим:

$$\eta_a = \eta_{мг} \eta_{\delta} \eta_f \eta_{о.р}. \quad (15)$$

Сигнальный граф агрегата, мощность двигателя которого при выполнении процесса полностью реализуются через ВОМ, представлен на рис. 2.

Для большей наглядности произведено расчленение отдельных узлов. Согласно графу, КПД агрегата равен

$$\eta_a = (\eta'_{ис1} \eta_{мг} \eta_f + \eta'_{ис2} \eta_{ВОМ}) \eta_{о.р}, \quad (16)$$

где $\eta'_{ис2}$ – коэффициент использования эффективной мощности на привод СХМ через ВОМ; $\eta'_{ис1} = 1 - \eta'_{ис2}$ – доля эффективной мощности двигателя, реализуемая через ходовой аппарат на передвижение агрегата.

Написав узловое уравнение (п. 4 правил) для узла 2, найдем поток мощности, поступающей в ветвь 2–6:

$$N_{ен} \eta_{им} - \frac{N_f}{\eta_f \eta_{мг}} - N_{2-6} = 0; \quad (17)$$

$$N_{2-6} = N_{ен} \eta_{им} - \frac{N_f}{\eta_f \eta_{мг}},$$

где N_f – мощность, затрачиваемая на передвижение трактора.

Отсюда

$$\eta'_{ис2} = \frac{N_{2-6}}{N_e} = 1 - \frac{N_f}{N_{ен} \eta_{им} \eta_{мг} \eta_f}. \quad (18)$$

Если трактор при работе преодолевает еще тяговую нагрузку, то, согласно рис. 3, получим

$$\eta_a = (\eta'_{ис1} \eta_{мг} \eta_{\delta} \eta_f + \eta'_{ис2} \eta_{ВОМ}) \eta_{о.р}. \quad (19)$$

Предложенная методика определения КПД агрегата позволяет (если знать значение КПД рабочей машины (плуга), КПД отдельных механизмов трактора и эффективную мощность двигателя) произвести полную энергетическую оценку существующих пахотных агрегатов, а также выбрать наиболее рациональный тип рабочей машины.

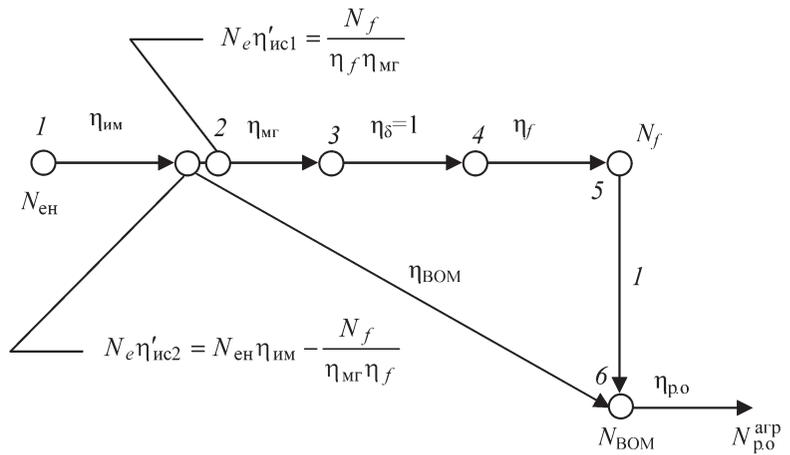


Рис. 2. Сигнальный граф тракторного агрегата при реализации всей мощности через ВОМ

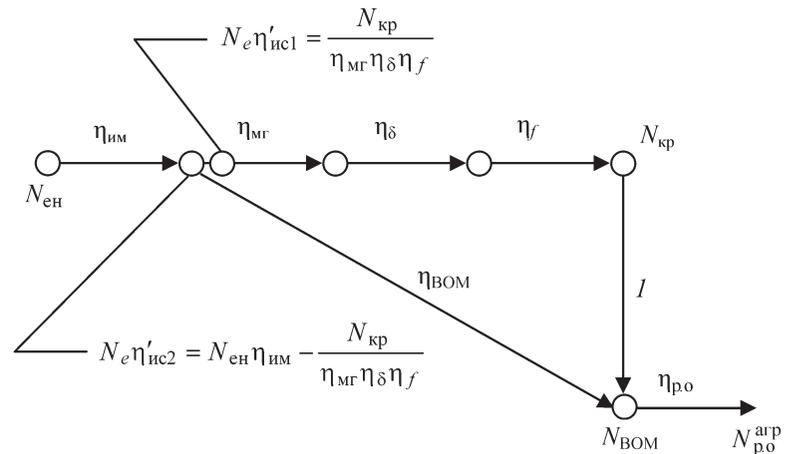


Рис. 3. Сигнальный граф тракторного агрегата при смешанном способе передачи мощности к рабочей машине

В общем случае для почвообрабатывающей машины, имеющей опорные колеса, пассивные и активные рабочие органы, затрачиваемая мощность будет складываться из составляющих

$$N = N_{f_{o,p}} + N_p^{(п)} + N_g^{(п)} + N_p^{(a)} + N_g^{(a)}, \quad (20)$$

где $N_{f_{o,p}}$ – мощность, затрачиваемая на перемещение орудия; $N_p^{(п)}$ – мощность, расходуемая пассивными рабочими органами на подрезание пласта, его деформацию, преодоление сил трения на полевых досках и рабочих поверхностях; $N_g^{(п)}$ – мощность, затрачиваемая на оборот и отбрасывание пласта; $N_p^{(a)}$ – мощность, затрачиваемая на отрезание стружки (крошение) активными рабочими органами; $N_g^{(a)}$ – мощность, затрачиваемая на отбрасывание почвы активными органами, на преодоление других сопротивлений, связанных с движением пласта.

Уравнение (20) позволяет проанализировать различные способы передачи энергии от двигателя к плугу. Отбросив в уравнении (20) два последних члена, получим пахотный агрегат с лемешным плугом, сигнальный граф которого представлен на рис. 4.

КПД агрегата в этом случае будет следующим:

$$\eta_a = \eta_{мг} \eta_{\delta} \eta_f \eta_{мех} \eta_{тех} \eta_{агр}. \quad (21)$$

Если опорные колеса плуга сделать ведущими, передавая к ним мощность через ВОМ трактора, то возможны два варианта: 1 – передаваемая мощность достаточна только для преодоления «мертвого» сопротивления плуга $G_{пл} f$ (рис. 5); 2 – передаваемая мощность определяется сцеплением колес с почвой (рис. 6).

Для первого случая КПД агрегата будет равен

$$\eta_a = (\eta'_{ис1} \eta_{мг} \eta_{\delta} \eta_f + \eta'_{ис2} \eta_{ВОМ} \eta_{прив} \eta'_{\delta}) \eta_{мех} \eta_{тех} \eta_{агр}. \quad (22)$$

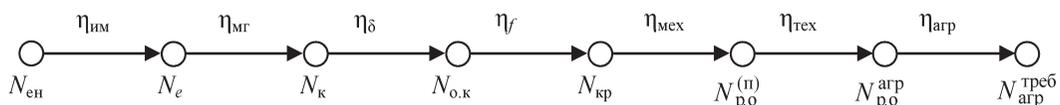


Рис. 4. Сигнальный граф пахотного агрегата с лемешным плугом

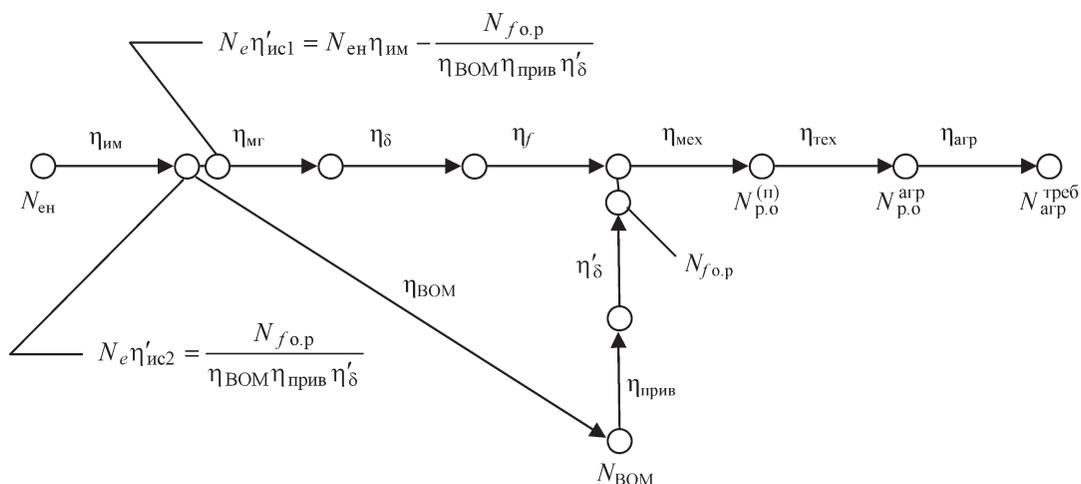


Рис. 5. Сигнальный граф пахотного агрегата с лемешным плугом и приводом опорных колес через ВОМ ($N_{\text{ВОМ}} = N_{f.o.p}$)

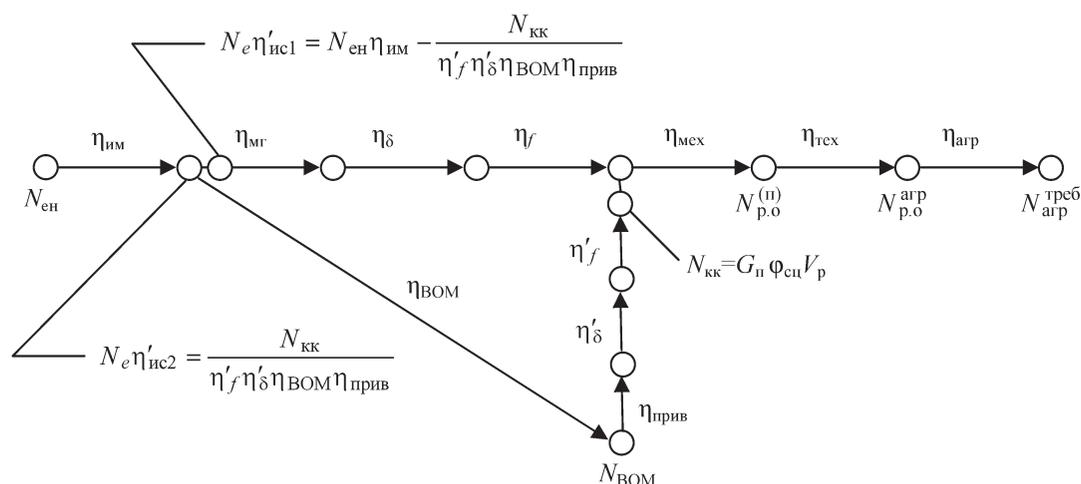


Рис. 6. Сигнальный граф пахотного агрегата с лемешным плугом и приводом опорных колес через ВОМ, когда мощность, передаваемая через ВОМ, определяется сцеплением колес с почвой

Во втором случае

$$\eta_a = (\eta'_{ис1} \eta_{мг} \eta_{\delta} \eta_f + \eta'_{ис2} \eta_{\text{ВОМ}} \eta_{\text{прив}} \eta'_{\delta} \eta'_f) \eta_{\text{мех}} \eta_{\text{тех}} \eta_{\text{агр}}. \quad (23)$$

Рассматривая в уравнении (20) последние два члена, получим агрегат с фрезой или с ротационным плугом (рис. 7).

При работе фрезбарабана за счет реакции почвы на рабочих органах создается сила, толкающая трактор вперед; в цепи передачи энергии «трансмиссия – ходовой аппарат – рабочие органы» появляется «паразитная мощность», увеличивающая непроизводительные затраты энергии и снижающая общий КПД трактора. КПД агрегата будет определяться выражением

$$\eta_a = [(\eta'_{ис1} \eta_f \eta_{мг} + \eta'_{ис2} \eta_{\text{ВОМ}} \eta_{\text{прив}}) \eta_{\text{мех}} - \eta'_{ис3} \eta_n \eta'_f \eta'_{\delta}] \eta_{\text{тех}} \eta_{\text{агр}}, \quad (24)$$

где η_n – КПД навесной системы; $\eta_{\text{прив}}$ – КПД привода активных органов плуга.

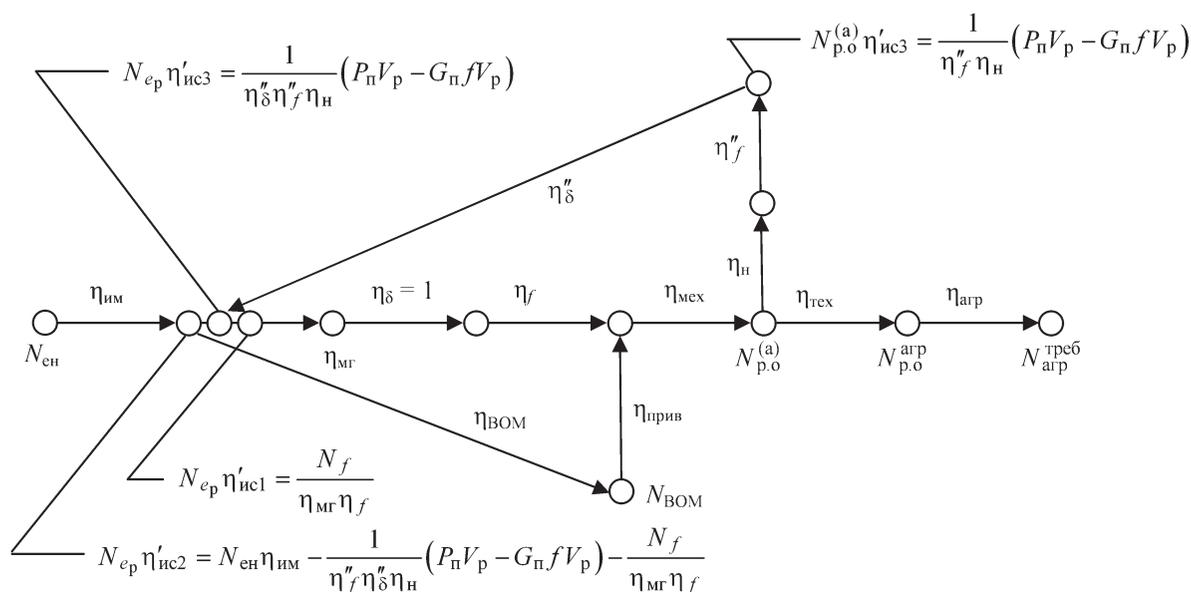


Рис. 7. Сигнальный граф агрегата с фрезой и ротационным плугом

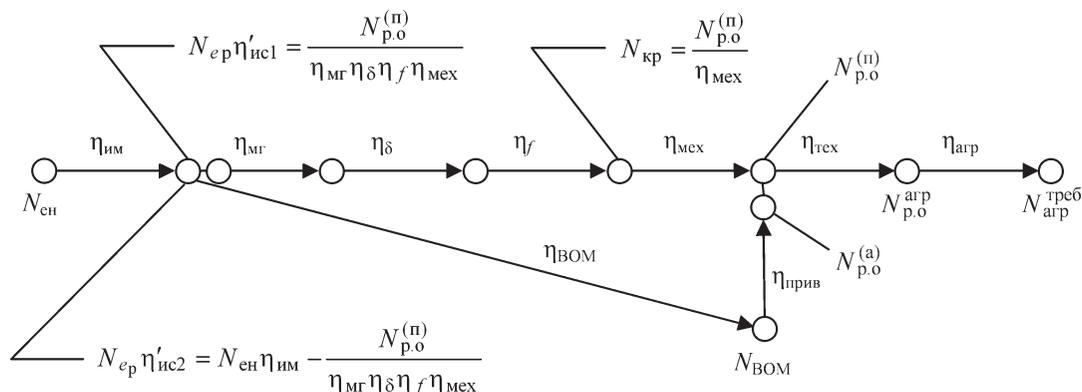


Рис. 8. Сигнальный граф агрегата с плугом, имеющим комбинированные рабочие агрегаты

Наконец, КПД агрегата с плугом, имеющим комбинированные рабочие органы, будет описываться уравнением (рис. 8)

$$\eta_a = (\eta'_{ис1} \eta_{мг} \eta_{\delta} \eta_f \eta_{мех} + \eta'_{ис2} \eta_{ВОМ} \eta_{прив}) \eta_{тех} \eta_{агр}. \quad (25)$$

В формулах (22)–(25) приняты следующие обозначения: $\eta_{\delta}, \eta'_{\delta}, \eta_{\delta}''$ – соответственно КПД, характеризующий потери от буксования движителей трактора и опорных колес рабочей машины; $\eta_f, \eta_f', \eta_f''$ – соответственно КПД, характеризующий потери на качение трактора и рабочей машины.

Используя экспериментальные данные, произведем оценку пахотных агрегатов, отличающихся конструкцией рабочих машин и способами передачи энергии от двигателя к рабочей машине (табл. 2).

Расчеты показывают, что передача мощности на привод опорных колес плуга при работе с лемешными плугами, имеющими обычные корпуса, значительного эффекта не вызывает: имеющее место повышение КПД трактора теряется за счет низкого КПД плуга.

Таким образом, наиболее рационально использовать пахотные агрегаты с передачей мощности через ВОМ на рабочие органы, участвующие в осуществлении технологического процесса.

Для проверки этого положения были проведены испытания четырехкорпусного плуга с комбинированными рабочими органами и производственного прицепного плуга П-5–35М одинаково-

Т а б л и ц а 2. Расчетные значения КПД агрегатов при различных способах передачи мощности

Схема тракторного агрегата	Распределение мощности по ветвям графа	КПД агрегата
Трактор с лемешным плугом	$\eta''_{ис1} = 1$	$\eta_a = 0,602 \cdot 0,154 = 0,093$
Трактор с лемешным плугом и приводом опорных колес плуга через ВОМ	$\eta'_{ис1} = 0,855$ $\eta'_{ис1} = 0,145$	$\eta'_\delta = 0,9$; $\eta_{прив} = 0,93$; $\eta_{ВОМ} = 0,94$; $\eta_{МГ} = 0,85$; $\eta_\delta = 0,86$; $\eta_f = 0,843$; $\eta_a = 0,629 \cdot 0,154 = 0,097$
Трактор с лемешным плугом и приводом опорных колес плуга через ВОМ, когда передаваемая мощность определяется сцеплением колес с почвой	$\eta'_{ис1} = 0,752$ $\eta'_{ис1} = 0,248$	$\eta'_f = 0,88$; $\eta'_\delta = 0,8$; $\eta_{прив} = 0,93$; $\eta_{ВОМ} = 0,94$; $\eta_{сц} = 0,65$; $\eta_{МГ} = 0,85$; $G = 1900$ кг; $\eta_a = 0,610 \cdot 0,154 = 0,094$
Трактор с ротационным плугом РП-200 конструкции ВИСХОМ	$\eta'_{ис1} = 0,132$ $\eta'_{ис2} = 0,758$ $\eta'_{ис3} = 0,110$	$N_{под} = 14$ кВт (19 л.с.); $\eta_{МГ} = 0,85$; $\eta'_f = 0,84$; $\eta_n = 0,9$; $\eta_{прив} = 0,93$; $\eta_{ВОМ} = 0,94$; $\eta'_\delta = 0,90$; $\eta_a = 0,691 \cdot 0,416 = 0,287$
Трактор с ротационным плугом РП-200 при установке рыхлительных лап	$\eta'_{ис1} = 0,62$ $\eta'_{ис2} = 0,38$	$\eta_{МГ} = 0,85$; $\eta_\delta = 0,95$; $\eta_f = 0,843$; $\eta_{ВОМ} = 0,94$; $\eta_{прив} = 0,93$; $\eta_a = 0,754 \cdot 0,443 = 0,334$

вой ширины захвата*. Плуги агрегатировались с трактором ДТ-75М. Опыты проводили на поле стерни пшеницы. Почва представляла выщелоченный чернозем, по механическому составу – тяжелый суглинок. Оценку качества работы проводили по степени крошения, заделке растительных остатков. Во время опытов записывали тяговое сопротивление плугов, момент на приводном валу, обороты ротора, глубина вспашки. На основе экспериментальных данных были рассчитаны КПД плугов и пахотных агрегатов (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. Значение КПД сравниваемых плугов и пахотных агрегатов с трактором ДТ-75М

Наименование параметра	ДТ-75М с экспериментальным плугом	ДТ-75М+П-5–35М
V_p , км/ч	7,2	7,2
$A_{агр}^{треб}$, кВт	36,4	36,4
$A_{р.б}^{агр}$, кВт	33,8	24,1
$N_{общ}$, кВт	44,3	42,2
$\eta_{агр}$	0,926	0,693
$\eta_{мех} \eta_{тех}$	0,762	0,571
$\eta_{пл}$	0,706	0,396
$\eta'_{ис1}$	0,713	1,0
$\eta'_{ис2}$	0,287	–
$\eta_{МГ}$	0,85	0,85
η_δ	0,985	0,975
η_f	0,81	0,81
η_a	0,520	0,266

* Редколлегия считает целесообразным опубликование результатов расчетов автора, несмотря на устаревшие марки испытываемых машин.

ные показатели: заделка растительных остатков составляла 98–99%; степень крошения пласта – 79–86%; у плуга П-5–35М 95–97 и 50–58% соответственно.

Разработанный метод определения КПД раскрывает структуру КПД агрегата и рабочей машины, позволяет вскрывать потери энергии при работе, на научной основе решать практические задачи по совершенствованию конструкции почвообрабатывающих машин и их рабочих органов, а также способов агрегатирования, что очень важно при разработке энергосберегающих технологических процессов вспашки.

Литература

1. Г о р я ч к и н В. П. Теория плуга. Основания для систематического расчета плугов. Соб. соч. Т. 2. М.: Колос, 1965.
2. К а ц ы г и н В. В. О коэффициенте полезного действия сельскохозяйственных машин и орудий // Вопросы земледельческой механики Т. 5. Минск: АСХН БССР, 1960.
3. К а ц ы г и н В. В. К вопросу изучения технологического коэффициента полезного действия плугов. // Вопросы земледельческой механики. Т. XIII. Минск: Ураджай, 1964.
4. Н а г о р н о в В. И. Энергетические показатели плуга при работе на скоростях выше 9 км/час. // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1964. № 5.
5. П о д с к р е б к о М. Д. Энергетическая оценка орудий для основной обработки почвы: Тр. ЧИМЭСХ. Вып. 89. Челябинск, 1974.
6. С у л т а н о в А. Н. Исследование эффективности применения ротационного плуга для обработки почвы на склонах и выбор режимов его работы: Автореф. ... дис. канд. тех. наук. Челябинск, 1973.
7. Б а х т и н П. У. Исследование физико-механических и технологических свойств основных типов почв СССР. М.: Колос, 1969.

M. D. PODSKREBKO

DETERMINATION OF THE EFFICIENCY OF ARABLE UNITS AT DIFFERENT MODES OF POWER TRANSMISSION FROM A TRACTOR ENGINE TO A WORKING MACHINE

Summary

The formula for determination of the efficiency of ploughes is derived and presented. The complete efficiency of a plough is divided into the technological one, which characterizes the energy perfection of working elements; the mechanical one, which characterizes the perfection of plough design, and the agricultural one, which determines a degree of coincidence of the obtained ploughing quality to the one required of field management. To determine the efficiency of an arable unit, the graph theory is used, which presents a unit in the form of a signal graph depending on a way of realizing the engine power. The method of determining the efficiency of a plough and that of a unit as a whole are described. The developed method allows one to determine the efficiency structure of an arable unit and machine, to find energy losses, and to solve the problems on improving the design of arable units on the scientific grounds.