

УДК 631.311

05. 00. 00 Технические науки

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МАШИН
ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ**Масловский Виталий Иванович
к-т. техн. наукИванов Артем Борисович
инженер
*ФГБУ «Кубанская государственная зональная
машиноиспытательная станция»
г. Новокубанск, Россия*

В настоящее значительную долю в себестоимости продуктов сельскохозяйственного производства составляют энергетические затраты. Поэтому значительное внимание уделяется энерго- и ресурсосберегающим технике и технологиям. В этой связи возрастает роль и значение энергетической оценки машин, позволяющей определить не только мощностные характеристики энергетического средства, но и расход топлива на единицу обрабатываемой площади или на единицу продукции. Проведение энергетической оценки машин и агрегатов позволяет снизить экономические и трудозатраты, за счет более детального и оптимального выбора машин и агрегатов для выполнения той или иной технологической операции в сельскохозяйственном производстве. В приведенной статье рассмотрена энергетическая оценка различных почвообрабатывающих сельскохозяйственных машин и агрегатов направленная на определение затрат энергии при выполнении заданных технологических операций машинами и агрегатами на режимах работы, установленных стандартами, при которых устойчиво выполняются данные операции. Использование результатов энергетических оценок по тяговым характеристикам сельскохозяйственных машин и тракторов позволят получить максимальный эффект при выполнении заданных технологических операций. В свою очередь, отсутствие контроля за основными энергетическими показателями машин при их эксплуатации обуславливает их неполное использование, что повышает затраты.

Ключевые слова: ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА, МОЩНОСТЬ, СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ МАШИНА, ОПТИМАЛЬНЫЙ РЕЖИМ РАБОТЫ, АГРЕГАТ

UDC 631.311

Technical sciences

**ENERGY PERFORMANCE OF MACHINES
FOR SOIL CULTIVATION**Maslovsky Vitaly Ivanovich
Candidate of technical SciencesIvanov Artem Borisovich
engineer
*Kuban state zone machine-testing station,
Novokubansk, Russia*

Currently a significant proportion of the cost of agricultural production is energy costs. Therefore, considerable attention is paid to energy and resource saving equipment and technology. In this regard, the role and importance of the energy assessment of machines, allowing determining not only the power characteristics of the power, but fuel consumption per unit of cultivated area or per unit of output. Conducting energy assessment of machines and equipment reduces the economic and labor costs, at the expense of more detailed and optimal selection of machines and units for performing certain manufacturing operations in agricultural production. In the article we describe energy evaluation of different tillage agricultural machinery aimed at determining energy consumption when executing the set of technological operations machines and equipment on the operation modes set by the standards under which stable the operations are performed. The use of the results of energy assessments on traction characteristics of agricultural machines and tractors will allow getting the maximum effect when performing technological operations. In turn, the lack of monitoring of key energy performance of cars during their operation leads to a partial use, which increases costs

Keywords: POWER ESTIMATION, POWER, MACHINES FOR AGRICULTURE, OPTIMUM MODE FOR OPERATION, ASSEMBLY

Энергетические показатели машин для обработки почвы

При энергетической оценке машинно-тракторных агрегатов проводится определение энергозатрат на работу машины и сопоставление их с мощностными и тяговыми характеристиками трактора [1].

Цель энергетической оценки:

- определение энергосиловых показателей испытываемых сельскохозяйственных машин;
- определение затрат энергии, потребляемой сельскохозяйственной машиной и агрегатом при выполнении технологического процесса;
- оценка соответствия энергетических показателей требованиям технического задания или технических условий на изготовление машины;
- оценка соответствия энергетических показателей машины тяговым и мощностным данным двигателя энергосредства.

При установившемся режиме работы агрегата на горизонтальном участке пути мощность двигателя энергосредства расходуется на преодоление сопротивлений, вращение механизмов, возникающих при выполнении технологического процесса, и определяется по формуле:

$$N_{\text{дв}} = N_{\text{т}} + N_{\text{в}} + N_{\text{ф}} + N_{\text{м}} \quad (1)$$

где $N_{\text{дв}}$ – мощность двигателя энергосредства, кВт;

– мощность расходуемая на тяговое сопротивление (перемещение машины в работе) кВт;

– мощность расходуемая на вращение механизмов (рабочих органов), присоединяемых к валу привода, кВт;

$N_{\text{ф}}$ – мощность расходуемая на перекачивание трактора (комбайна), кВт;

$N_{\text{м}}$ – мощность расходуемая на механические потери в узлах трактора (комбайна), передающих вращение от коленчатого вала двигателя ведущим органам, кВт;

– мощность расходуемая на механические потери в механизмах, кВт;

$N_{\text{б}}$ – мощность расходуемая на буксование ведущих органов, кВт.

Из формулы видно, что развиваемая двигателем мощность расходуется на полезную ($N_{\text{п}}$) и на неизбежные потери ($N_{\text{ф}}$, $N_{\text{м}}$, $N_{\text{б}}$).

Оценка загрузки двигателя энергосредства по мощности производилась по коэффициенту использования, представляющему отношение расходуемой эффективной мощности к эксплуатационной (номинальной).

Энергетическая оценка машин проводилась методами электротензометрирования и определения расхода топлива на скоростных режимах энергосредства в четырехкратной повторности при движении агрегатов в прямом и обратном направлениях.

Предварительно энергосредства были оборудованы тяговыми тензометрическими устройствами, измерительно-регистрирующей аппаратурой. Двигатели тракторов и самоходных машин оборудованы счетчиками расхода топлива, датчиками давления наддува, давления на инжекторе и испытаны на загружающем устройстве с целью определения топливно-мощностных показателей и построения регуляторных характеристик.

При проведении технологических процессов средства измерений обеспечивали возможность одновременно регистрировать первичные данные машинно-тракторных агрегатов и самоходных машин.

Перед началом работы определяли агротехнические условия испытаний.

Энергетические показатели машин определяли по результатам фактических данных энергооценок, проведенных в Кубанской МИС по ГОСТ Р 52777-2007 [2] и нормативной документации на типы машин.

Плуг скоростной комбинированный трехкорпусной ПСКУ-3 (рисунок 1) предназначен для пахоты различных почв под зерновые и технические культуры. Разработчик данной машины – «86 механический завод» филиал ФГУП ПЭУ МО РФ", г. Энгельс, Саратовская область.

Это навесной плуг, агрегатируется тракторами класса 2-3. Рабочая скорость до 10 км/ч, ширина захвата – 2,04 м, глубина обработки до 30 см, производительность 1,4-2,1 га/ч.



Рисунок 1 – Общий вид агрегата ПСКУ-3 + Т-150К

Данные на вспашке почвы агрегатом Т-150К + ПСКУ-3 свидетельствуют, что значения показателей тягового сопротивления (25,84-28,0 кН) при скорости движения 6,37-8,73 км/ч и глубине обработки почвы 24,11-21,44 см изменяются незначительно и составляют 71,8-77,8 % от номинального тягового усилия энергосредства (36 кН из руководства по эксплуатации на трактор).

Весомый процент (76,8-70 %) эффективной мощности составляет мощность (45,72-67,9 кВт), затрачиваемая плугом на выполнение технологического процесса.

Дозагрузка двигателя по мощности обеспечивается затратами на самопередвижение трактора и изменяется в пределах от 13,78 до 29,1 кВт, соответственно составляет 23,2-30 % от расходуемой мощности агрегата.

Общая загрузка двигателя энергосредства составляет 47,4-77,2 % от эксплуатационной мощности при буксовании движителей в пределах 3,4-6,43 %.

Изменения мощности, расходуемой на работу плуга, показали, что энергетические возможности машинно-тракторного агрегата позволяют работать на режимах, регламентируемых НД на данную машину с некоторым запасом мощности (22,8 %) двигателя трактора, что обеспечивает оптимальные динамические характеристики агрегата. Однако данного запаса мощности недостаточно для выполнения технологического процесса при большей скорости на следующей ступени КПП трактора. Для работы плуга в данных агротехнических условиях при скорости свыше 9 км/ч необходимо применение энергосредства более высокого тягового и мощностного класса.

Оптимальный режим работы агрегата обеспечивается при скорости 8,73 км/ч, глубине хода рабочих органов 21,44 см, производительности за время основной работы 1,55 га/ч, удельных энергозатратах 62,58 кВт·ч/га, удельном расходе топлива за время основной работы 17,15 кг/га, загрузке двигателя 77,2 %.

Глубококорыхлитель ГРН-3 (рисунок 2) предназначен для нарезания щелей на полях с целью обогащения глубоких слоев почвы воздухом и влагой без ее переворачивания. Организация-разработчик – ООО "АГРО-ТЕХ", г. Таганрог, Ростовская область.

Глубокорыхлитель является навесным и агрегируется с тракторами класса 1,4-3. Рабочая скорость от 8 до 10 км/ч, ширина рыхления – 2,40 м, глубина обработки 30-35 см, при производительности 1,9-2,4 га/ч.

На рыхлении почвы агрегатом Т-150К + ГРН-3,0 значения показателей тягового сопротивления (30,04-35,52 кН) при скорости движения 7,52-9,1 км/ч и глубине хода рабочих органов 32,7-36,9 см изменяются незначительно и составляют 83,4-98,7 % от номинального тягового усилия энергосредства (36 кН из руководства по эксплуатации трактора).



Рисунок 2 – Общий вид агрегата ГРН-3 + Т-150К

Весомый процент (71,5-72,5 %) расходуемой эффективной мощности составляет необходимая для непосредственной работы глубокорыхлителя (62,75-89,79 кВт). Дозагрузка двигателя обеспечивается затратами на самопередвижение трактора и изменяется в пределах от 25,05 до 34,01 кВт, соответственно составляет 28,5-27,5 % от расходуемой мощности агрегата.

Общая загрузка двигателя энергосредства составляет 69,9-98,6 % от эксплуатационной мощности при буксовании движителей в пределах от 5,1 до 13,01 %.

Изменения мощности, расходуемой на работу глубокорыхлителя, показали, что энергетические возможности машинно-тракторного агрегата позволяют работать в диапазоне рабочих скоростей 7,5-9,1 км/ч при глубине хода рабочих органов 32,7-36,9 см, однако без запаса мощности двигателя энергосредства. Отсюда следует, что для работы рыхлителя в данных агротехнических условиях при скорости движения свыше 9 км/ч необходимо применение трактора более высокого тягового и мощностного класса.

Оптимальный режим работы агрегата обеспечивается при скорости 9,1 км/ч, глубине хода рабочих органов 36,9 см, производительности за время основной работы 2,18 га/ч, удельных энергозатратах 56,79 кВт·ч/га, удельном расходе топлива за время основной работы 14,33 кг/га, загрузке двигателя 98,6 %.

Борона ротационная кольчатая БРК-5,6 (рисунок 3) предназначена для рыхления и выравнивания поверхности поля. Она также применяется при предпосевной подготовке, при довсходовом и послевсходовом рыхлении почвы. Разработчиком бороны является ООО "АГРО-ТЕХ", г. Таганрог, Ростовская область.

Это навесная машина агрегируется с тракторами класса 0,9-3,0. Рабочая скорость находится в пределах 10-15 км/ч, рабочая ширина захвата 5,5-5,6 м, глубина обработки от 3 до 7 см, производительность основного времени 5,0-10,0 га/ч, эксплуатационного – 4,84-5,57 га/ч.

На рыхлении почвы под посев сои агрегатом МТЗ-80 + БРК-5,6 значения показателей тягового сопротивления бороны (4,2-4,27 кН) при скорости движения 9,36-13,54 км/ч и глубине обработки почвы 6,0-5,5

почти не изменяются и составляют 23,3-23,7 % от нормативного тягового усилия энергосредства (18 кН из руководства по эксплуатации трактора).



Рисунок 3 – Общий вид агрегата BPK-5,6 + МТЗ-80

Мощность, необходимая для выполнения техпроцесса, составляет незначительный процент (37,14-36,5 %) расходуемой эффективной мощности. Несколько больше (62,86-63,5 %) составляют потери мощности, связанные с самопередвижением трактора, из-за низкой твердости почвы.

Значит, нормальную работу бороны может обеспечить трактор тягового класса 0,9. При этом повысится загрузка двигателя и соответственно экономичность агрегата.

Энергоемкость бороны BPK-5,6 соответствует показателям тяговой и мощностной характеристик трактора класса 0,9-1,4 и обеспечивает надежное выполнение технологического процесса при соответствующих агротехнических условиях и режимах работы, регламентируемых ТУ на данную машину.

Оптимальный режим работы агрегата обеспечивается при скорости 13,54 км/ч, глубине хода рабочих органов 5,5 см, производительности за время основной работы 7,58 га/ч, удельных энергозатратах 5,8 кВт·ч/га, удельном расходе топлива за время основной работы 1,56 кг/га, загрузке двигателя 77,3 %.

Культиватор широкозахватный комбинированный скоростной ШККС-10 (рисунок 4) предназначен для сплошной предпосевной и паровой обработки почвы, уничтожения сорной растительности с максимальным сохранением стерни и других пожнивных остатков на полях, обработанных плоскорезными и безотвальными орудиями под посев озимых, яровых, овощных и пропашных культур. Организация-разработчик – ОАО "Агропромтехника", г. Михайловск, Ставропольский край.



Рисунок 4 – Общий вид агрегата ШККС-10 + Т-150К

Агрегат является прицепным. Используется в составе с тракторами класса 3-4. Рабочая скорость – 8-12 км/ч, ширина захвата 10 м, производительность не менее 8,7 га/ч.

Данные энергооценки на культивации почвы агрегатом Т-150К + ШККС-10 свидетельствуют, что значения показателей тягового сопротивления машины (24,0-28,76 кН) при скорости движения 7,56-9,65 км/ч и глубине обработки почвы 11,7-9,6 изменяются незначительно и составляют 66,7-79,9 % от номинального тягового усилия энергосредства (36 кН из руководства по эксплуатации трактора).

Максимальный процент затрат эффективной мощности (63,0-66,18 %) составляет мощность (50,4-77,1 кВт), затрачиваемая на выполнение культиватором техпроцесса.

Дозагрузка двигателя по мощности обеспечивается затратами на самопередвижение трактора и изменяется в пределах 29,6-39,4 кВт, что соответствует 37-33,82 % от расходуемой мощности агрегата.

Общая загрузка двигателя трактора составляет 63,7-92,7 % от эксплуатационной мощности при буксовании его движителей в пределах от 5,1 до 8,3 %.

Энергетические возможности трактора Т-150К в агрегате с культиватором ШККС-10 в данных агротехнических условиях испытаний обеспечивают оптимальные показатели в диапазоне рабочих скоростей 7,56-9,65 км/ч при глубине обработки почвы 11,7-9,1 см с некоторым запасом мощности двигателя, однако недостаточного для работы с большей скоростью на следующей ступени КПП трактора.

Для работы культиватора в данных агротехнических условиях при скорости свыше 10 км/ч необходимо применение энергосредства более высокого тягового и мощностного класса.

Оптимальный режим работы агрегата обеспечивается при скорости 9,65 км/ч, глубине хода рабочих органов 9,65 см, производительности за время основной работы 9,65 га/ч, удельных энергозатратах 12,07 кВт·ч/га, удельном расходе топлива за время основной работы 3,13 кг/га, загрузке двигателя 92,7 %.

Культиватор прицепной комбинированный КПК-8Б (рисунок 5) предназначен для предпосевной обработки почвы и ухода за парами. Изготовитель – ЗАО "Лессельмаш", г. Апшеронск, Краснодарский край.

Агрегируется с тракторами класса 2-3. Рабочая скорость от 7 до 10 км/ч, рабочая ширина захвата – 7,7-7,8 м. Пределы регулирования рабочих органов по глубине обработки – 5-15 см, производительность до 8 га/ч.

Данные на обработке почвы агрегатом Т-150К+КПК-8Б свидетельствуют, что значения показателей тягового сопротивления культиватора (27,12-30,94 кН) при скорости движения 8,5-10,2 км/ч и глубине обработки почвы 11,6-7,4 см изменяются незначительно и составляет 75,3-84 % от номинального тягового усилия энергосредства (36 кН из руководства по эксплуатации трактора).



Рисунок 5 – Общий вид агрегата КПК-8Б+Т-150К

Весомую величину затрат (60,64-87,66 кВт) эффективной мощности составляет расходуемая на выполнение культиватором техпроцесса.

Дозагрузка двигателя по мощности обеспечивается затратами на самопередвижение трактора и изменяется в пределах от 20,3 до 25,91 кВт, что соответственно равно 25,1-22,8 % от расходуемой мощности агрегата.

Общая загрузка двигателя энергосредства составляет 64,4-90,4 % при буксовании движителей в пределах 8,3-10,9 %.

Баланс изменения мощности, расходуемой на работу машины, показал, что энергоемкость культиватора соответствует показателям тяговой и мощностной характеристик трактора класса 3 и обеспечивает надежное выполнение техпроцесса при соответствующих диапазонах скоростного режима и глубине обработки почв, регламентируемых ТУ на данную машину.

Оптимальный режим работы агрегата обеспечивается при скорости 10,2 км/ч, глубине хода рабочих органов 7,4 см, производительности за время основной работы 7,95 га/ч, удельных энергозатратах 14,28 кВт·ч/га, удельном расходе топлива за время основной работы 3,71 кг/га, загрузке двигателя 90,4 %.

Полуприцепной культиватор широкозахватный КШ-12 (рисунок б) предназначен для предпосевной обработки почвы и ухода за парами. Разработан ООО "Агромеханика", г. Каменка, Пензенская обл.

Культиватор агрегируется с тракторами тягового класса 4-5, рабочая скорость – 6-12 км/ч, ширина захвата до 12 м, пределы регулирования рабочих органов по глубине обработки – 6-12 см, производительность – 7,2-14,4 га/ч.

Рабочими органами культиватора являются стрельчатые лапы, шириной захвата 270 см, девять зубовых боронок.

Данные на обработке почвы агрегатом АТМ 7360+КШ-12 свидетельствуют, что значения показателей тягового и удельного тягового сопротивления культиватора (46,68-56,61 кН и 3,95-4,83 кН/м) изменяются при скорости движения 7,5-8,6 км/ч и глубине хода рабочих 10,6-11,2 см.



Рисунок 6 – Общий вид культиватора КШ-12

Незначительный процент (45,51-53,35 %) эффективной мощности составляет мощность (97,25-135,23 кВт), расходуемая на преодоление тягового сопротивления культиватора. При этом также установлено, что в суммарных потерях мощности агрегата несколько больший процент (54,49-46,65 %) составляют затраты (117,87-118,26 кВт) на самопередвижение трактора, что обусловлено нагруженностью энергосредства балластом (3080 кг) и заниженной твердостью почвы.

Учитывая значение максимальной загрузки двигателя, соответствующей 99,9 % при буксовании движителей трактора 12,6 % и при перерасходе топлива 5,77 кг/га (не более 5,5 кг/га), данную работу можно было производить с меньшей массой балласта или без него при допустимых пределах буксования. Отсюда вывод, что культиватор КШ-12 по тяговому сопротивлению при данных агротехнических условиях и режимах работы соответствует трактору класса 5.

Однако необходимо отметить, что для работы культиватора на скорости свыше 8,6 км/ч, рекомендуемой НД до 12 км/ч, с обеспечением

нормативного качества, соответствующего агротехническим требованиям, необходимо применение энергосредства более высокого тягового и мощностного класса.

Оптимальный режим агрегата обеспечивается при скорости 8,6 км/ч, глубине хода рабочих органов 11,2 см, производительности за время основной работы 10,06 га/ч, удельных энергозатратах 25,2 кВт·ч/га, удельном расходе топлива за время основной работы 5,77 кг/га, загрузке двигателя на 99,9 %.

Результаты энергетических оценок по тяговым характеристикам сельскохозяйственных машин и тракторов позволяют определить режимы их совместной работы, обеспечивающие получение максимальных производительностей, минимальных энергозатрат и расхода топлива, максимальной загрузки двигателя энергосредства.

Отсутствие контроля за основными показателями работы двигателей тракторов в эксплуатации обуславливает неполное использование их энергетических возможностей, повышенный расход топлива, форсированный режим.

При испытаниях машинно-тракторных агрегатов переменной энергонасыщенности установлено, что при отклонении мощности от эксплуатационной в сторону увеличения или уменьшения рост приведенных затрат (удельные энергозатраты и удельный расход топлива на 1 га) по отношению к их минимальному значению получен разный. Более резкое возрастание наблюдается при отклонении в сторону увеличения.

Превышение мощности ведет к резкому увеличению приведенных затрат. С уменьшением мощности приведенные затраты сначала уменьшаются, а затем резко возрастают.

Предел понижения мощности следует ограничить условием равенства приведенных затрат на эксплуатационном режиме и режиме пониженной мощности.

Список литературы

1. Панов, А. И. Агротехническая и энергетическая оценка ротационных почвообрабатывающих машин для теплиц / А. И. Панов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ им. В. П. Горячкина. – 2012. – № 5 (56). – 21 с.
2. ГОСТ Р 52777-2007 Техника сельскохозяйственная. Методы энергетической оценки. – М.: Стандартиформ, 2008. – 11 с.

Spisok literatury

1. Panov, A. I. Agrotehnicheskaja i jenergeticheskaja ocenka rotacionnyh pochvoobrabatyvajushhih mashin dlja teplic / A. I. Panov // Vestnik FGOU VPO MGAU im. V. P. Gorjachkina. – 2012. – № 5 (56). – 21 s.
2. GOST R 52777-2007 Tehnika sel'skohozjajstvennaja. Metody jenergeticheskoj ocenki. – M.: Standartinform, 2008. – 11 s.