

Точност на данните при пресмятане на агрегати за оран

Чавдар Златков Везиров, Христо Янков Христов, Атанас Здравков Атанасов

Data accuracy in calculation of mobile agricultural aggregates: Influence over changing of main indicators of farm machinery efficiency, based on simulation model of mobile agricultural aggregate, is studying. Some features for pulled, mounted machines and others drowed by PTO are shown. Particular illustrated samples about relations between characteristics of soil, terrain, crops, energy units, machines and mobile aggregates capacity, fuel consumption are given. The paper finishes with recommendations about data accuracy of mobile aggregates parameters.

Key words: mobile agricultural aggregates, data accuracy, calculation, performance indices.

ВЪВЕДЕНИЕ

Необходимостта да се разполага с данни за селскостопанската техника и условията за работата ѝ произтича от целта и начина на използването им. Част от тази информация служи за сравнение на енергетичните средства и работните машини, особености преди купуването или подмяната им. Друга част е важна при функционалната и ресурсната диагностика на техниката. Трета част трябва да улеснява оценката на продуктивността на земята, растенията, ефективността на различните технологии.

В това изследване вниманието ни е върху сравнителната оценка на различни машини в съчетанието им като технологични единици (агрегати) за възможното многообразие при експлоатацията им в реални стопанства. Поради обективните трудности в определяне на желаната точност на данните, на практика се тръгва по обратния път. За изпитване и изследване се използват измерителни методи и съответни технически средства, които са достъпни – налични или икономически приемливи [12], [5], [4]. Нещо повече, много от получените данни се отнасят до конкретни условия, с конкретни природни, климатични, метеорологични, сортови особености. Наред с това търсенето на най-добри параметри на техниката често е свързване с планиране на експериментите за тесни области на изменение на контролируемите величини. В същото време за проектирането на земеделски машини са още по-важни екстремните натоварвания. Така се стига до непълна и неподходяща информация от гледна точка на експлоатацията на техниката. Разбира се построяването на всеобхватни модели и даже на обикновени интерполационни уравнения в много случаи сега изглежда нерешима задача. От друга страна, неоспорима е нуждата от такива данни както за нормиране на работата на техниката, така и за оценка на ефективността ѝ предварително и за текущия ѝ мениджмънт. Така че всяка стъпка в това направление би била полезна, в това число и определянето на точността на данните при пресмятане на земеделски агрегати, например с лемежни плугове.

МЕТОД И ОБЕКТ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

За съкращаване на областта на изследване, за обект на изследването бяха избрани орни агрегати. Тяхната високата енергопотребност позволява да се получат по-добре подчертани зависимости. За съжаление изключително разнообразните природни, климатични, финансови и организационни условия налагат използването на модели за получаване на убедителни изводи за ефективността на техниката.

Основа на модела е уравнението на движение на агрегатите [3] с опростяване, отнасящо се до примерно равномерно движение. Известно е, че кратковременното изменение на натоварването се преодолява поради големите инерционни маси на постъпателно (трактор плуг) и въртеливо движещите се части (колянов и други валове, маховик, зъбни колаела, колела на трактора и плуга) в агрегата. В

енергетичното средство най-често използваният двигател е дизелов с вътрешно горене. За него пък външната скоростна характеристика може да се приеме като линейна връзка между ефективната мощност P_e и ъгловата скорост на колянския вал ω . По-нататък балансът на мощностите и силите позволяват да се определи с каква средна постъпателна скорост V_1 ще се движи агрегатът при оран. И тук за съжаление не разглеждаме използването на сменното време, завиването и другите елементи на сменното време извън това за основна работа. С това обаче улесняваме сравнението на агрегатите по техническата им производителност $W_ч$ и специфичния разход на гориво за единица работа g . За последния показател е необходимо предварително да се определи часовият разход на гориво $G_ч$, така че

$$g = G_ч / W_ч.$$

Възможностите за теглене на трактора се определят съгласно всепризнатата теория на Bekker [9] за системата терен-енергетично средство с отчитане на спецификата на ползването на енергетичните средства за работа с теглене [12]. В допълнение се включват данните за работните машини както например е в [3], [5], [12]. Пресмятаната най-често следват последователността, описана в [3] и [8]. В аналитичен вид връзката на възможностите за работа може да се даде с уравнението

$$n_{1j} \approx \eta_R [F_{\text{фкн}j} - (G_e + \Delta G_e) * (f_e * \cos(\alpha) + \sin(\alpha))] / [\chi * B_p * \beta + G_m * (f_m * \cos(\alpha) + \sin(\alpha))],$$

където n_{1j} е броят на машините от първия ред, j – индекс за връзка на движещата сила на трактора с предавателното число на трансмисията, η_R – степен на допустимо използване на теглителната сила, $F_{\text{фкн}j}$ – по-малката от движещата сила и сцепната сила (за ходовата система с терена), G_e – тегло на енергетичното средство (в случая един трактор), ΔG_e – допълнително тегло на енергетичното средство: допълнителни тежести, вода в гумите, пренесено тегло от машината, f_e – коефициент на съпротивление при самопредвиждане на енергетичното средство, f_m – коефициент на съпротивление при предвиждане на работната машина, α – ъгъл на наклон на терена със съответния знак, β – степен на използване на B_p , G_m – тегло на работната машина (плуга) с отчитане на броя на работните тела и корпуси и пренесеното тегло върху трактора, B_p – ширина на работа на плуга с отчитане на броя на работните тела, χ – специфично теглително съпротивление на единица от B_p .

Прието е (макар че k_0 зависи и от a_0) $\chi = k_0 * a_0$,

където k_0 е специфичното съпротивление при оран за единица напречна площ, a_0 – дълбочината на оран.

Както се вижда от горното основно уравнение колкото по-голяма е $F_{\text{фкн}j}$, толкова повече броя машини може да се теглят. Тъй като почти винаги се работи с един плуг, това значи, че агрегатът може да бъде комплектуван от плугове с по-голяма B_p . Ако сцепната сила е по-голяма от движещата, в случая за $F_{\text{фкн}j}$ може да се ползва формулата

$$F_{\text{фкн}j} = P_{\text{ен}} * i_{тj} * \eta_m / (\omega_n * R_k),$$

където $P_{\text{ен}}$ е номиналната ефективна мощност на двигателя на трактора, ω_n – номинална ъглова скорост на колянския вал на двигателя, $i_{тj}$ – предавателно число на трансмисията, η_m – коефициент на полезно действие на трансмисията, R_k – кинематичен радиус на търкаляне за ходовата система на трактора.

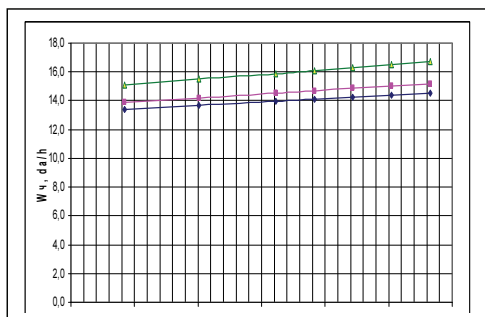
Тези формули позволяват да се определи влиянието на точността на въвежданата информация върху точността на получаваните данни. За целта числово ще се определя стойността на първата производна на резултата спрямо входния фактор [7].

Изборът на орни агрегати за обект на изследването се определя от многобройността им, възможностите за използване на различни трактори (колесни 4x2, 4x4, верижни...), за работа с различна ширина B_p (чрез снемане на едно или повече работни тела), прикачни, навесни (окачни), полунавесни плугове. Такова

разнообразие на условията и средствата за оран ще позволи направените изводи за точността на данните да бъдат приложими и за други мобилни технически средства в земеделието.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕТО ИМ

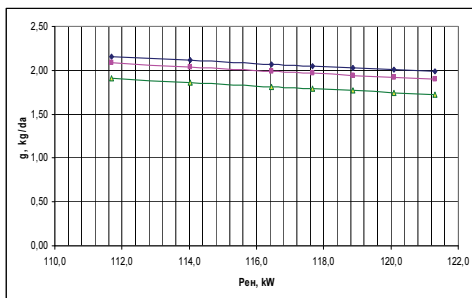
За оценка на влиянието на точността на входната информация върху резултатите на изхода най-напред разглеждаме $P_{ен}$. Приемаме допустимо намаление на мощността преди необходимостта от извършване на ремонт на двигателя 7% [1]. За опростяване допускаме, че ъгловата скорост на двигателя може да се поддържа на желаното ниво, независимо от износването, т.е. че тя не зависи от $P_{ен}$. Анализът на основната формула показва, че практически масата на конкретния трактор не се променя. Степента на допустимо използване на теглителната сила се свързва с конкретната работа, степента на неравномерност на съпротивление при работа и за конкретно енергетично средство за оран е примерно еднаква. Това значи, че работоспособният трактор разполага с примерно еднакъв запас от движеща сила. Известно е също, че R_k практически не се мени за малки изменения на ефективната мощност и съответно теглителното съпротивление. Пресмятанията се правят за работа на предавката, гарантираща непревишаване на допустимата работна скорост за плуга. По-долу – фиг. 1. и фиг. 2., са показани зависимости на часовата сменна производителност и специфичния разход на гориво при теоретично пълно използване на мощностните и силови възможности на системата трактор – терен – плуг. Това значи, че работната ширина условно може да се мени безстепенно. Само така може да получим плавна крива за връзката между точността на данните за фактора (в случая $P_{ен}$) и резултатите. По-нататък ще се разгледа и въпросът за реалните ограничения и влиянието им върху въпросната връзка.



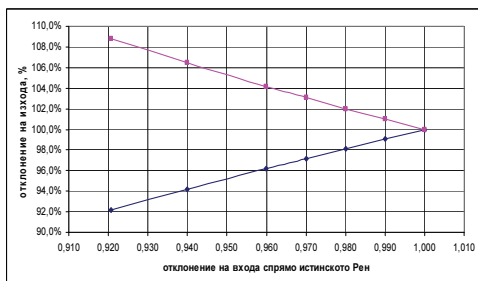
Фиг. 1. Зависимост на производителността $W_{ч}$ на условен трактор от клас 3 от точността на номиналната ефективна мощност на двигателя му $P_{ен}$: *синьо* – колесен трактор 4x2, *розово* – колесен трактор 4x4, *зелено* – верижан трактор

Тъй като изменението на постъпателната скорост е несъществено, характерът на зависимостта – близко до линейна, се запазва и за специфичния разход на гориво за единица изорана площ – фигура 2.

Разликите между тракторите с различна ходова система се определя основно от буксуването и реалните предавателни числа, които е допустимо да се работи. При постоянна ω_n , фактическата ъглова скорост се увеличава незначително с намаляване на общото съпротивление на плуга. За този диапазон на изменение на $P_{ен}$ (7%), КПД на механичната трансмисия е практически еднакъв (което например не е вярно при сравняване с агрегати с малко съпротивление).



Фиг. 2. Зависимост на специфичния разход на гориво g на условен трактор от клас 3 от точността на номиналната ефективна мощност на двигателя му $P_{ен}$: *синьо* – колесен трактор 4x2, *розово* – колесен трактор 4x4, *зелено* – верижан трактор

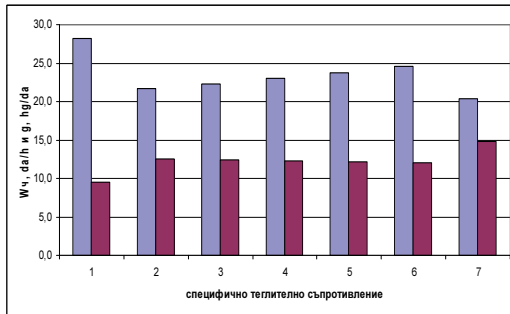


Фиг. 3. Зависимост на точността на изхода за производителността $W_ч$ - в *синьо* и специфичния разход на гориво g - в *розово* на условен трактор от клас 3 от точността на номиналната ефективна мощност на двигателя му $P_{ен}$ за колесен трактор 4x2

За избрания пример точността на входните данни влияе право пропорционално на точността на резултатите за производителността и обратно пропорционално – за специфичния разход на гориво – фиг. 3. Аналогични са зависимостите за колесни трактори, само че при тях максималните отклонения в резултатите са съответно за трактор 4x2 – 7,8% и 8,8% и за 4x4 – 8,5% и 9,7%. Коефициентите на пропорционалност са различни за различните системи енергетично средство – терен – плуг – почва, технология и параметри на оран.

За да се отчита влиянието едновременно на повече фактори може например да се използва отношението $P_{ен}/\omega_{нн}$, което всъщност е номиналната стойност на момента на колянвия вал на двигателя. В най-добрия случай може да се изследва отношението на този момент, приложен към ходовата система (т.е. с отчитане на $i_{тj}$ за допустимата постъпателна скорост) и специфичното теглително съпротивление χ . За съжаление използването на безстепенно предаване на момента (вариатор, хидротрансмисия) е по-скоро изключение.

Тъй като агрегатите може да се съставят от машини с различна работна ширина, зависимостите между точността на входните данни и тази на изходните данни се представят чрез начупени скокообразни линии. Това лесно може да се види на следващата фигура 4., в която се показва влиянието на точността на специфичното теглително съпротивление χ върху производителността и специфичния разход на гориво.



Фиг. 4. Специфичен разход на гориво g – в синьо и производителността W_c – в пурпурно за различни стойности на специфичното топлинно съпротивление χ отляво надясно: 1 – над 19750 N/m с три корпуса, 2 до 6 – с 4 корпуса, 7 под 16650 N/m с 5 корпуса

Скокообразното изменение се определя от степенното предаване на мощността, характерно за механичните трансмисии, наличието на ограничения за сцепните възможности на ходовата система на енергетичното средство с терена (недостатъчно сцепление) и разбира се промяната на ширината на работа при оран степенно чрез махане на работни тела.

Вижда се скокът в данните за специфичния разход на гориво при промяна ширината на работа на плуга от 1 към 2 и от 6 към 7. В същото време производителността нараства плавно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При агрегатите за оран зависимостта между точността на входните и изходните величини за работата на оран агрегат е практически пропорционална, но с различни свободни членове за всяка от подобластите на факторите. Конкретните отклонения се изменят в тесни граници в зависимост от съчетанията на входните данни и ограниченията.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бельских В. Справочник по техническому обслуживанию и диагностированию тракторов. 1986.
- [2] Бузин Ю. Механический КПД трансмиссии мобильной машины. Вестник машиностроения. № 6, 2011.
- [3] Везиров Ч., К. Стоянов, Ат. Атанасов. Използване и обслужване на земеделската техника. 2009.
- [4] Везиров Ч. и др. Проектиране на механизирани технологии в земеделието. 2004.
- [5] Зангиев А. и др. Основы теории мобильных сельскохозяйственных агрегатов. 2002.
- [6] Самородов В., А. Островерх. Разделение потерь мощности и кпд тракторов на тяговых сельскохозяйственных технологиях. Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Тематичний випуск «Автомобіле- та тракторобудування» № 1, 2010.
- [7] Франс Дж., Дж. Торнли. Математические модели в сельском хозяйстве. 1987.
- [8] Эксплуатация машинно-тракторного парка. Реферат. <http://referat.deport.ru/subjects/download/11488168.html>
- [9] Bekker M. Introduction to Terrain-Vehicle Systems, University of Michigan Press, 1969.
- [10] Hunt D. Farm power and machinery management. 2001.

[11] Kahraman A., D. Houser, Hai Xu. Development of a generalized mechanical efficiency. Prediction methodology for gear pairs. 2005.

http://www.agmafoundation.org/AM/Template.cfm?Section=Publications_and_Products&Template=/CM/ContentDisplay.cfm&ContentID=1827

[12] Macmillan R. The Mechanics of Tractor-Implement. Performance. 2002.

За контакти:

Доц. д-р Чавдар Везиров, инж. Христо Янков Христов, д-р Атанас Здравков Атанасов, катедра "Земеделска техника", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082 888 442, e-mail: vezirov@uni-ruse.bg, atanasov@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.