

FRI-8.121-1-AMT&ASVM-08

ABOUT SELECTION OF TRACTOR'S TRAILER FOR LINKED PROCESSES IN FIELD HUSBANDRY

Assoc. Prof. Chavdar Zlatkov Vezirov,
Department of Agricultural Engineering,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Phone: 082888442
E-mail: vezirov@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Atanas Zdravkov Atanasov
Department of Agricultural Engineering,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Phone: 082888442
E-mail: aatanasov@uni-ruse.bg

***Abstract:** Trailers are the main tools for transport and for application of fertilizer and manure in agriculture. The proper decision of their type, parameters and number relatively determinate field capacity and fuel expenditure not only of agricultural goods, but also efficiency of a lot linked farm processes. In the paper are discussed issues of tractor and trailer mass ratio, preconditions for tractor-trailer unit's movement, proportion of trailers' carrying and fertilizers' capacities and the combination of appropriate tractors, trailers and other farm machinery as types and number. There are shown procedures for calculation of possible and desired values of the system energetic machines and implements in agriculture. Some examples of cooperative works are presented by diagrams for changing of amounts of manure, fertilizer or other goods in trailers and applicators during the shift time. The important of process' organization is marked for direct and indirect scheme of agricultural transport performance. A necessity of complex solving of relative problems is found.*

***Keywords:** tractors and trailers selection, linked processes, field husbandry*

ВЪВЕДЕНИЕ

За превози, включително за събиране или разхвърляне на продукти по полето, в земеделието се предпочита тракторният транспорт (Vezirov, 2006). Неговите предимства са висока производителност и съпоставима ефективност при съвместна работа с друга техника. Енергетичното средство в такъв агрегат – тракторът, позволява комбиниране с различни машини за теглене, бутане, задвижване на работни органи. С други думи универсалността му позволява висока годишна заетост. Ходовата система на трактора и ремаркетото щадят почвата. След избора на трактор (Savin 2016, Vezirov 2013 и други според природните условия, отглежданите култури...) следващата задача е изборът на ремарке. Често препоръките за такава дейност са доста общи, например като в Bennink 2010, Olhovik 2016. Друг път те се основават на техните базови технически параметри – размери, тегло, товароносимост и цена, например Agricultural trailers. Това са лесно достъпни данни, макар и процедурата да не е еднозначно определена. За съжаление този подход не отчита влиянието на конкретните експлоатационни условия в разнообразието и променливостта им през сезоните и годините. За това намереният локален оптимум често не съвпада с глобалния такъв. По-долу е показан възможен многостъпков подход за избор на тракторно ремарке като част от машинния парк на една ферма.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Първото условие за технически обосновано съчетание между трактор и ремарке е техният *силов и мощностен баланс*. Известно е, че теглителните възможности на тракторите за стърнище може да се свържат с теглото им (GOST 27021-86). Съответно получените стойности могат да се конкретизират за различни теренни условия чрез коефициентите за

сцепление и за самопредвижване. Приблизително се приема, че при потегляне последните са два пъти по-големи, отколкото при движение. Връзката между теглото на трактора G_t и това на ремаркетата с товара в тях G_p може да се опише приблизително с формулата

$$G_t * \{\lambda * \varphi * \cos(\alpha) - [f + \sin(\alpha)]\} \geq G_p * [f + \sin(\alpha)],$$

където λ е степента на използване на тракторното тегло при сцепление (например около 1 за верижни трактори и 4x4),

φ – коефициент на сцепление на ходовата система на трактора с терена (от 1 за сух утъпкан път до 0,6 за изорано поле и 0,3 за кален път),

α – максимален ъгъл на наклон при движение срещу наклона.

Коефициентът за съпротивление при предвижване f е приет примерно еднакъв за трактора и ремаркетото. При повишена влажност на терена той може да е два и повече пъти по-голям отколкото през лятото при сухо време (Vezirov 2006). Предполага се, че мощността на двигателя и предавателните числа на трансмисията са оразмерени така, че да са достатъчни за осъществяване на превози в земеделието.

При това положение важно изискване към ремаркетата е спирането им в агрегата в рамките на определен спирачен път S_c . При скорост V_c важи изискването (GOST 52746-2007)

$$S_c \leq 0,648 * V_c + 0,144 * V_c * V_c.$$

За начална скорост 10 m/s допустимият спирачен път е 20,88 m, от който трябва не малко от половината да е резултат на действието на спирачките на ремаркетата. Фактическият спирачен път може да се определи освен опитно и приблизително по коефициента на сцепление с пътя при спиране.

Съотношението между теглата на трактора и ремаркетото има значение и при аварийно спиране на транспортния агрегат, когато е отказала спирачката на ремаркетото или на трактора.

Следващото по-важно условие за правилен избор на тракторно ремарке е определянето на очакваните *сменна производителност и разход на гориво*. Основни фактори за тези показатели са количеството на фактически превозвания товар, средната постъпателна скорост и степента на използване на сменното време. Естествено това се отнася за конкретни разстояния, вид на терена и трактори.

Количеството на фактическия превозван товар зависи от това дали е насипен или опакован, от степента на използване на обема на ремаркетото (с оглед неразсипването му). Обикновено целта е да се използва най-пълно товароносимостта на ремаркетото предвид конкретните теренни условия. Това може да се постигне например с опаковане, пресуване, поставяне на надстройки на канатите... Например, ако обемът на ремаркетото при превоз на царевица осигурява пълно използване на товароносимостта, за превоз на слънчоглед е нужен тракторен влак от две ремаркета с надстройки или с по-голяма товароносимост с 20%. Причината е в насипната плътност примерно за зърно на царевица 0,84 kg/l, на слънчоглед – 0,35 (съотношение 2,4). Специално за зареждане на разхвърлящи агрегати или натоварване от прибиращи агрегати, съотношенията на вместимостите трябва да са кратни. При кратност средство, в което се претоварва (при прибиране транспортен агрегат или разпръскващ агрегат), е добре да е еднакво или по-голямо. Така могат да се избегнат излишни престои.

За определяне на очакваната постъпателна скорост поради сложността на проблема се налага прилагане на специална процедура и съответен софтуер. Такива са показани в Spiridonov 2018.

За тракторен транспортен агрегат най-напред се определя теглителното съпротивление на база адаптирани формули от ASAE 497.5.

За теглени ремаркета (при пренебрегване на членовете в уравнението за първата и втора степен пред постъпателната скорост) то е

$$F_T = G_p * [f + \sin(\alpha)].$$

Коефициент на съпротивление при предвижване f се уточнява за категорията и състоянието на пътя (примерно I – с твърда суха настилка, II – с твърда влажна настилка, III

– след оран, върху преовлажнени почви). При движение срещу наклона на отиване и по наклона на връщане (или обратно) средният наклон може да се приеме 0° , т.е. $\sin(\alpha) = 0$.

След това се изчислява нужната ефективна мощност на тракторния двигател. Изисква се степента на използване на мощността да е близко до допустимата (примерно около 0,9). При движение с празно ремарке, пълно подаване на гориво и ниска степен на използване на мощността се препоръчва работа на частни скоростни характеристики на двигателя (*gear up and throttle down*). Получените производителности и разходи на гориво поотделно за движение на празно и пълно ремарке се обобщават за смяна. Това става на базата на еднакъв брой работни и празни ходове за една смяна. Възможно е да се пресмята и за две различни ремаркета в агрегата.

Накрая се определят часовият разход на гориво според вида на горивото, работа или не на частични характеристики и съответният специфичен разход на гориво за 1 km или tkm. Тези данни позволяват сравнително обективно сравняване на различни тракторни и автомобилни транспортни агрегати.

При съчетание на тракторното ремарке с работни органи за въздействие върху растения, торове..., съответно се добавя нужната мощност за технологичния процес Рвом. Примери за такива ремаркета са тези за разхвърляне на органични, минерални и течни торове, за подбиране и натоварване на растителна продукция от полето (слама, клубени, кореноплоди...).

$$R_{\text{вом}} = a + b * V_a + c * V_a * V * q,$$

където а съответства на нужна мощност на празен ход на работните органи,
 b - коефициент за мощността пропорционална на работната ширина,
 c - коефициент за мощността пропорционална на обработвания продукт,
 V_a - работна ширина, V - постъпателна скорост,
 q – количество разхвърлян/прибиран продукт на/от единица площ.

Например за органичен тор $c \approx 0,72 \text{ kW/s/kg}$ (ASAE 497.5), $c \approx 2,0 \text{ kW/s/kg}$ за минерални торове (Ryadnov 2012). За торене $a = 0$ и $b = 0$. При необходимост може да се ползват и по-подробни изчисления (Belousov 2014).

При превоз и торене с едни и същи агрегати сменната производителност и специфичния разход на гориво се преизчисляват за единица площ. В един цикъл се включва един преход с пълно ремарке, едно разхвърляне на всичкият продукт в торачката и един преход с празно ремарке (връщане за ново напълване). Естествено производителността за превозите се привеждат от такава за km или tkm към единица площ (единица продукт). Например, ако производителността при превоза е в t/смяна, за да стане в dka/смяна се дели на q (kg/m^2), ако е в tkm/смяна – дели се още на разстоянието за превоз в km.

Тъй като сменната изработка и вместимостите на транспортни и технологични агрегати трудно се съгласуват (включително и поради различни разстояния на превоз) то много важен момент в избора на ремарке е *определяне на производителностите на техниката във взаимосвързани процеси*. Нашият успешен предишен опит при решаване на аналогични задачи (Vezirov 2017) бе използван и за транспортно-разпределящи процеси.

По-долу е даден пример за съвместна работа на 4 еднакви торачки с вместимост $0,5 \text{ m}^3$ и 2 транспортни средства с товароносимост 2 m^3 – фиг. 1.

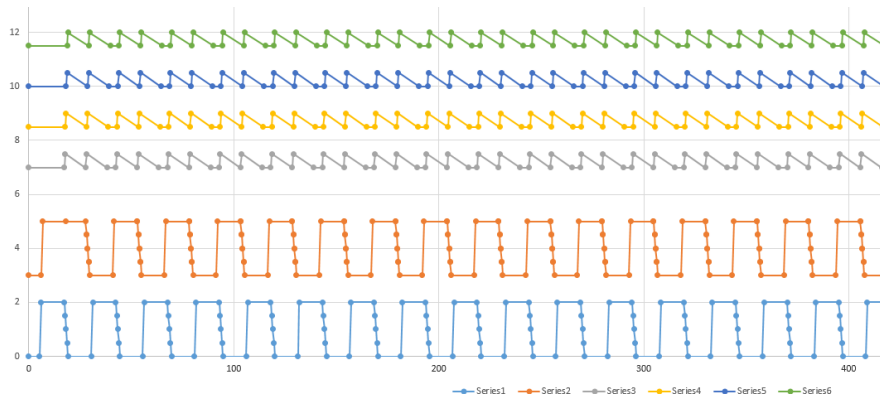


Fig. 1. Diagram of work together of 4 fertilizer applicators – series 4, 5, 6, 7 and 3 tractor & trailer units – series 1, 2. Abscise – time in minutes, ordinate – volume in m³. Each series has the lowest ordinate value 0, which means empty trailer and applicator. Maximum values correspond relatively to filled volume.

Графиката илюстрира само част от работното време за процеса на торене с минерален тор. Вижда се, че след два цикъла на работа на торачките следва малък престой – нулева линия за материал в бункера. Това се отразява на използването на времето на торачките – 0,80, при практически максимална заетост на тракторните транспортни ремаркета – 0,97.

За да се подобри използването на торящите агрегати е необходимо да се осигури допълнително тор на полето, например с още един брой трактор с ремарке със същите характеристики – фиг. 2.

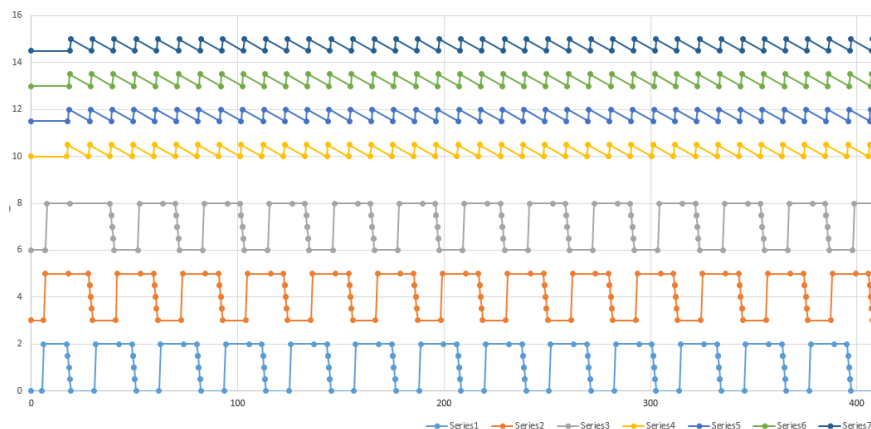


Fig. 2. Diagram of work together of 4 fertilizer applicators – series 4, 5, 6, 7 and 3 tractor & trailer units – series 1, 2, 3. The other information is the same as in fig.1.

Новото решение показва по-високо използване на времето на торачките – 0,96, но едновременно и намаление на използването на това на транспортните средства – 0,78. За сравнение, спрямо случая на превоз и торенето само с торачките, производителност нараства с 178% в първия случай и с 235% във втория. Едновременно се съкращава и времето за извършване на цялата работа. Естествено разликата е за сметка на използването на още два или три агрегата от трактор, ремарке и тракторист със съответно допълнителен разход на гориво, заплащане, амортизация.

Ако сравним нуждата от еднократно внасяния минерален тор и получавания добив например от зърнено-житни за единица площ разбираме, че за торене и прибиране трябва да имаме ремаркета със съответно различна вместимост. Така ще се осигури извършване на работите в разумно кратък срок. Това обаче може да доведе до допълнителни разходи за материални активи.

Нека да разберем целесъобразно ли е да ползваме само един вид ремарке. По описания по-горе подход определяме ефективността му при торене и прибиране за опростяване само за

царевица за зърно. Решение за прибиране за този случай с ремарке с товароносимост 9 t е показано в Vezirov 2017. По-долу на фиг. 3. показваме транспортно обслужване с такова ремарке за вече анализирания процес на торене. Предложено е торенето да става с торачка с вместимост 3 t. На трактора за същия агрегат е монтиран и кран-товарач с товароносимост 1t. С това се улеснява и ускорява претоварването на минералния тор.

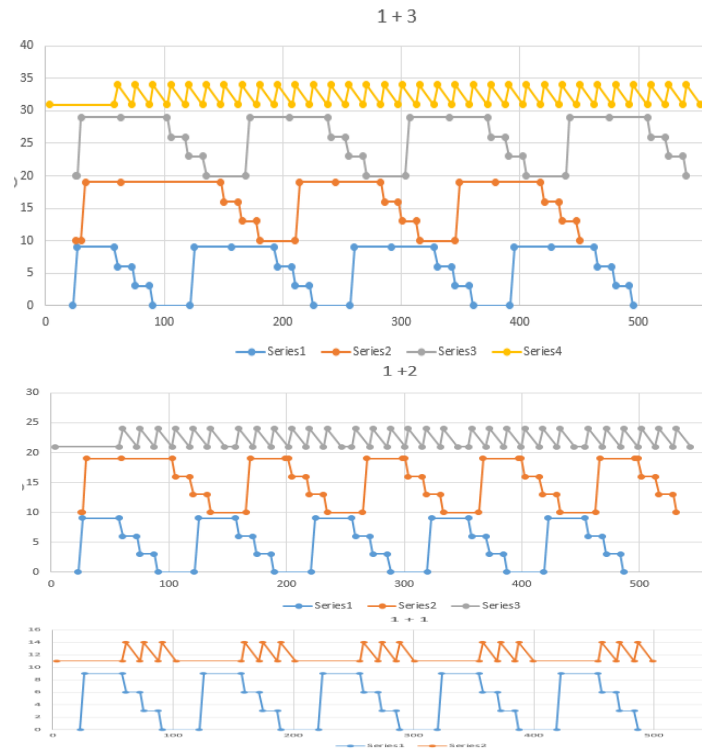


Fig. 3. Diagram of work together of one fertilizer applicator and tractor and trailer units. At the bottom – 1 transporter, in the middle – 2 , at the top – 3.

Не е трудно да се види, че при един тракторен транспортен агрегат торачката престоява доста. В числа степента на използване на превозното средство е 0,74, а на торачката – 0,45. При две превозни средства тя съответно е 0,83, 0,69, а при три – 0,90 и 0,52. Разбира се пропорционално на първите числа нараства и производителността при торене. Ефективността на съчетанията от различен брой еднакви агрегати с ремаркета естествено зависи и от количеството на нужните ресурси, в случая – трактори и ремаркета. При тази информация увеличаването на превозните средства на две увеличава и производителността почти двойно. Следващото увеличение не води до пропорционално нарастване на наторената площ. По тази причина вариантът с два тракторни транспортни агрегати се оказва най-добър.

Тези примери показват, че изборът на ремаркета трябва да се прави в зависимост от площта на стопанството, специфичните добиви и нормите за торене за всяка от културите в растениевъдството. Важен фактор е и разстоянието на превоз между различните полета и складовете. Допълнително върху конкретното решение влияе и начина на транспортно обслужване при свързаните процеси: с превоз от технологичните ремаркета или с претоварване от ремаркета с общо предназначение. Нещо повече, за големи стопанства може да се избира и повече от един вид ремарке. За намиране на глобален оптимум на разходите следва да се отчита още заетостта на тракторите и обслужващия персонал, показано отново в Spiridonov 2018.

ИЗВОДИ

Предлага се изборът на ремарке да се прави на базата на системен подход. Оценката на ефективността се извършва за случаите на работа с един вид ремаркета, с прехвърляне на

товара с конзолен кран или претоварващо ремарке. Комплексният многостъпков метод за решение на проблема е предпоставка и за глобалната ефективност на машинния парк.

“Докладът отразява резултати от работата по проект No 18-ФАИ-01, финансиран от фонд „Научни изследвания“ на Русенския университет.“

REFERENCES

- Agricultural trailers. (In Bulgarian: Селскостопански ремаркета.) <https://dikarconsult.com/селскостопански-ремаркета.html>
- ASAE 497.5. Agricultural Machinery Data Management.
- Belousov S. V., A. I. Lepshina. 2014. Calculation of the basic parameters of the spreader of bulk materials. (In Russian: Расчет основных параметров разбрасывателя сыпучих материалов. Научный журнал КубГАУ, № 104).
- Bennink C. 2010. How to Pick the Right Trailer for Hauling Heavy Equipment. <https://www.forconstructionpros.com/trucks/trucks-accessories/article/10116804/how-to-pick-the-right-trailer-for-hauling-heavy-equipment>
- GOST 27021-86. Agricultural and forestry tractors. Towing classes. (In Russian: Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Тяговые классы.)
- GOST 52746-2007. Tractor-drawn trailers and semi-trailers. General technical requirements. (In Russian: Прицепы и полуприцепы тракторные. Общие требования.)
- Olhovik A. 2016. Choose of tractor trailer. (In Russian: Выбор тракторного прицепа.) <http://borisov-e.info/ru/stati/2016/06/15/52250/vybor-pricepa-dlya-traktora>
- Ryadnov A. I. 2012. Exploitation of machine and tractor fleet. (In Russian: Ряднов А. И. Эксплуатация машинно-тракторного парка. Курс лекций.)
- Savin L. et all. 2016. Agricultural tractors. (In Serbian: Пољопривредни трактори.)
- Spiridonov V. 2018. About of informed choice of machinery for filed crop growing. Proceedings of University of Ruse. (In Bulgarian: За информирания избор на техника за полевъдството.)
- Vezirov Ch. 2013. Using and service of agricultural machinery. (In Bulgarian: Използване и обслужване на земеделската техника.) <https://e-learning.uni-ruse.bg/>
- Vezirov Ch. et all. 2017. Optimization of linked processes on example of wheat and maize harvest. Proceedings of University of Ruse, <http://conf.uni-ruse.bg/bg/docs/cp17/1.1/1.1-4.pdf>
- Vezirov Ch., R. Kozlev. 2006. Technological service in agriculture. Resources using in agriculture. (In Bulgarian: Технологично обслужване в земеделието.) <https://e-learning.uni-ruse.bg/index.php>