

References

1. Provision on definition of functional characteristics (consumer properties) and efficiency of agricultural machinery and equipment. Article 1 of the Federal Law of February 12, 2015. № 10-FZ.
2. Kutkov G.M. Traktory i avtomobili. Teoriya i tekhnologicheskie svoystva: Uchebnik [Tractors and automobiles. Theory and technological properties. Textbook] / Kutkov G.M., Publishing House Infa-M Press, 2014. 506 p.
3. Kut'kov G.M., Kuzmichev V.V., Perevozchikova N.V. Razrabotka iskhodnykh trebovaniy na sel'skokhozyaystvennyy traktor i otsenka ego tekhnologicheskogo urovnya: Metodicheskie rekomendatsii po vypolneniyu kursovogo proekta dlya studentov po spetsializatsii "Komp'yuternoe proektirovanie i ispytanie tekhniki" [Development of initial requirements of an agricultural tractor and assessment of its technological score. Methodical instructions on the performance of an course project for students specializing in "Computer Design and Machinery Testing"]. M.: MGAU, 2011. 36 p.
4. http://www.deere.ru/ru_RU/products/equipment/tractors/
5. Kut'kov G.M. Traktory i avtomobili. Teoriya i tekhnologicheskie svoystva [Tractors and Automobiles. Theory and technological properties] / M.: KoloSS, 2004. 504 p.
6. Kut'kov G.M. Tekhnologicheskie osnovy i tyagovaya dinamika mobil'nykh energeticheskikh sredstv [Technological bases and traction dynamics of mobile power means] / G.M. Kut'kov. M.: MIISP, 1992.

Nataliya V. Perevozchikova – Professor, PhD (Eng), Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev; Moscow, 127550, Timiryazevskaya ul., 49; phone: 8-499-977-24-00; e-mail: perevoz68@mail.ru.

Dmitry Rodchenkov – a second-year postgraduate student, Faculty of Processes and Machinery in Agribusiness, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev; e-mail: demon05.06@mail.ru.

Ivan Gribov – a first-year postgraduate student, Faculty of Processes and Machinery in Agribusiness, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev; e-mail: gribov-ivan2010@yandex.ru.

Received on December 30, 2015

УДК 631.37+629.35

Н.А. МАЙСТРЕНКО, В.П. УВАРОВ

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева

ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ ОРИЕНТИРЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

В статье приводится метод обоснования эффективности использования транспортно-технологических средств по основным экономическим критериям: минимуму, возвратных или прямых эксплуатационных, или приведённых затрат. Определена необходимость (в перспективе) использования транспортных средств со сменными технологическими модулями для выполнения транспортно-технологических операций. Наряду с этим отмечено, что применение того или иного типа ТТС предопределяется общепринятым потребительским ориентиром – соотношением производительности и денежных затрат на её реализацию. Поиск такого соотношения, при котором будет эффективно использоваться перспективное автомобильное ТТС, – задача настоящего исследования. По мнению авторов, начинать его следует с изучения влияния на потребительский ориентир внешних условий, в основном сочетаний расстояний перевозки, доз (норм) распределения (сбора) технологического материала и удельной (на 1 м ширины захвата) грузоподъемности. Предлагается оценивать потребительские свойства ТТС, в частности, обеспечивать заданную производительность и отвечать запросу на экономический эффект, комплексным показателем потребной мощности средства. Также на этапе внедрения новых ТТС целесообразно обосновывать соответствующие мощности производственным условиям и финансовым возможностям по критериям технико-экономического содержания. При использовании классического метода

оптимизации определены экстремумы целевых функций. Установлено соотношение между производительностью и денежными затратами, соответствующее применяемому в хозяйстве и перспективным транспортно-технологическим средствам. Тем самым установлена целесообразность использования конкретных средств или подбора условий по дозе (норме) распределения (сбора) технологического материала и расстояний перевозки, где их использование будет эффективным. На примере внесения минеральных удобрений автомобилем типа «Урал» с кузовом-разбрасывателем определены оптимальные производственные условия их применения, отвечающие каждому из критериев оптимальности.

Ключевые слова: специализированный автомобиль, транспортно-технологические средства, оптимизация, критерии оптимальности, экономические показатели, потребительские свойства.

Из множества сельскохозяйственных перевозок особый интерес представляет поточное грузоперемещение по дороге и распределение (сбор) его на поле транспортно-технологическими средствами (ТТС), в основном машинно-тракторными агрегатами. Наряду с ними в перспективе предусмотрено использование специализированных автомобилей, на шасси которых устанавливаются съёмные кузова – ёмкости – с механизмами для распределения (сбора) технологического материала [1, 6].

Применение того или иного типа ТТС определяется общепринятым потребительским ориентиром – соотношением производительности W и денежных затрат C_i на её реализацию. Поиск такого соотношения, при котором будет эффективно использоваться перспективное автомобильное ТТС, – задача настоящего исследования. Начинать его следует с изучения влияния на потребительский ориентир внешних условий, в основном сочетаний расстояний перевозки L , доз (норм) распределения (сбора) технологического материала U и удельной (на 1 м ширины захвата) грузоподъемности ω .

В качестве информационно-рекомендательно-го и нормативного источника для настоящего исследования принят Федеральный технологический регистр производства продукции растениеводства. В частности, его основной атрибут – межотраслевой технологический адаптер «Транспортное обеспечение агротехнологий» [2].

Из анализа требований следует, что рекомендации по выбору типов и марок транспортных средств, параметров их работы приводятся для узкого диапазона внешних факторов и широких границ их изменения. Так, эффективность применения средств при прямоточной и перевалочной технологий разделяет 5-километровый рубеж. Не учитывается влияние разных интенсивностей внесения удобрений или сбора урожая. К тому же не приводятся критерии оптимальности, которым соответствуют рекомендуемые условия эффективного применения транспортных средств разной мощности.

Оценивать потребительские свойства ТТС, в частности обеспечивать заданную производительность и отвечать запросу на экономический эффект, рекомендовано комплексным показателем N – потребной мощностью средства [3].

Допущенную неопределённость рекомендаций позволяет исключить предлагаемый метод оптимизации использования транспортно-технологических средств (на примере внесения минераль-

ных удобрений специализированным автомобилем УРАЛ-432091). К ним относят минимумы удельных (на единицу массы груза) денежных затрат, руб/т на использование ТТС: возвратных ($C_B \rightarrow \min$); прямых эксплуатационных ($C_E \rightarrow \min$); приведённых ($C_P \rightarrow \min$).

В основе целевых функций этих критериев – часовые денежные затраты C'_B, C'_E, C'_P , руб/ч, и производительность средства W , т/ч, в виде их соотношений $C_B = C'_B/W$; $C_E = C'_E/W$; $C_P = C'_P/W$.

Размерность показателя W в т/ч позволяет исчислять объём транспортной и полевой работы по распределению (сбору) технологического материала, притом и типовыми нормами выработки для ТТС установлена такая же единица измерения. Так как целевые функции C'_B, C'_E, C'_P определяются посредством показателя W , то изначально уместно установить зависимость $W = f(N)$. На основании исследований [4] её можно задавать кривой второго порядка

$$W = (N \cdot \mu \cdot \tau) / (P_N \cdot L) = N(h - dN) \cdot \mu / (P_N \cdot L),$$

где τ – коэффициент использования времени смены, $\tau = h - dN$; h и d – показатели, характеризующие в долях потери времени смены, соответственно независящие и зависящие от N ($h = 0,69 \dots 0,59$; $d = 0,0005 \dots 0,0002$ 1/кВт); P_N – удельные затраты мощности ($P_N = 0,5$ кВт·ч/т·км) – постоянная для однотипных средств; μ – соотношение работы на поле к работе на дороге $\mu = 0,20 \dots 0,60$, зависящее от L и U .

Зависимость $\tau = f(N)$ принята в виде ниспадающей линии первого порядка, так как в сравнении с кривой второго порядка даёт погрешность не более $\pm 2\%$. Это допустимо для математического моделирования параметров использования ТТС для узкого диапазона изменения N (от 80 до 140 кВт, т.е. для применяемых на практике грузовых автомобилей сельскохозяйственного назначения).

Ниже приводятся формулы расчёта каждой составляющей перечисленных часовых денежных затрат. При этом в формулах выделяются показатели, которые не зависят и зависят от N в виде одного из трёх линейных уравнений: $C_i = a_i + b_i \cdot N$ или $C_i = a_i$, или $C_i = b_i \cdot N$. Линейные зависимости выбраны потому, что позволяют получить значения C_i с отклонениями от действительных не более $\pm 2\%$.

Зависимости для определения составляющих критериев оптимальности формировались на основании [5].

Оплата труда C'_o с учётом основной заработной платы и единого социального налога

$$C'_o = S_c \cdot \mu_0 (1 + K_{oc}/100), \text{ руб/ч,}$$

где μ_0 – коэффициент надбавка за классность (стаж работы) и др. ($\mu_0 = 1, 2, \dots, 1, 4$); K_{oc} – норматив единого социального налога (12,8%); S_c – тарифная ставка водителя, руб/ч ($S_c = 90 \dots 120$ руб/ч).

Величины μ_0 и S_c в общем случае мало зависят от марки специализированных автомобилей типа ЗИЛ и УРАЛ, поэтому приближенно можно принять $C'_o = a_o$ при $b_i = 0$.

Затраты на комплексное топливо C'_T включают в себя расходы на основное топливо S_T , масла и смазки S_M (примерно цена S_M составляет 20% от цены S_T)

$$C'_T = H_T \cdot S_{TK} \cdot (2L + \omega \cdot 10^{-3}/U) \cdot \lambda / 100, \text{ руб/ч,}$$

где S_{TK} – комплексная цена топлива, руб/л; ($S_{TK} = 1,25 \cdot S_T$; $S_T = 18 \dots 22$ руб/л дизельного топлива – это 2/3 его оптовой цены); λ – интенсивность рейсов, 1/ч, (величина обратная времени единичного цикла $t_{ц}$, $\lambda = 1/t_{ц}$); H_T – нормативная величина расхода топлива л/100 км ($H_T = 19$ для ЗИЛ, $H_T = 23$ для УРАЛ). Величина $t_{ц}$ рассчитывается с учётом грузоподъемности $Q = 5$, производительностью погрузчика $W_{п} = 40$ т/ч, скоростью движения по дороге $V_{г} = 60$ км/ч, по полю $V_{п} = 12$ км/ч, удельной грузоподъемностью $\omega = 280$ кг/м на внесении удобрений.

$$t_{ц} = 2L/V_{г} + \omega/U/V_{п} + Q/W_{г} \text{ или } t_{ц} = Q/W, \text{ ч.}$$

В рамках инженерных расчётов можно принимать $t_{ц}$ независимой от N в границах 80 до 140 кВт, так как с увеличением N первый и последний слагаемые компенсируют изменения друг друга, а второе остаётся постоянным.

Показатель H_T зависит от N в виде линейного уравнения $H_T = \epsilon_{но} \cdot N$ с темпом прироста $\epsilon_{но}$ при $a_i = 0$.

В итоге

$$C'_T = [\epsilon_{но} \cdot S_{TK} (2L + \omega \cdot 10^{-3}/U) \cdot \lambda / 100] \cdot N = \epsilon_T \cdot N,$$

где ϵ_T – выражение в квадратных скобках, руб/кВт·ч.

Для автомобилей с дизелем $\epsilon_{но} = 0,18$ л/(100 км·кВт).

Возвратные вложения C'_B .

С целью унификации расчётов, обозначив $a_0 = H_B$, $\epsilon_T = D_B$, можно рассчитать затраты C'_B из равенства

$$C'_B = H_B + D_B \cdot N, \text{ руб/ч,}$$

где H_B и D_B представляют собой часовые денежные затраты соответственно зависящие и не зависящие от мощности ТТС.

Амортизационные отчисления C'_A определяются суммой отчислений по шасси автомобиля C'_m и по технологическому оборудованию C'_K .

Их балансовые цены (S_m и S_K) зависят от N соответственно

$$S_m = a_m + \epsilon_m \cdot N; S_K = a_K + \epsilon_K \cdot N,$$

где a_m, a_K и ϵ_m, ϵ_K – пары коэффициентов, соответственно не зависящие (руб.) и зависящие (руб/кВт) от мощности, ($a_m = 320$ тыс. руб., $\epsilon_m = 7$ тыс. руб/кВт). Численные значения a_K и ϵ_K , например, для оборудования по внесению минеральных удобрений, составят $a_K = 280$ тыс. руб., $\epsilon_K = 3$ тыс. руб/кВт).

Общие отчисления на реновацию ТТС составят:

$$\begin{aligned} C'_A &= C'_m + C'_K = S_m \cdot H_m / 100 \cdot T_m + S_K \cdot H_K / 100 \cdot T_K = \\ &= a_m \cdot H_m / 100 \cdot T_m + a_K \cdot H_K / 100 \cdot T_K + \\ &(\epsilon_m \cdot H_m / 100 \cdot T_m + \epsilon_K \cdot H_K / 100 \cdot T_K) \cdot N = a_A + \epsilon_A \cdot N, \end{aligned}$$

где a_A – сумма двух первых слагаемых, руб/ч; ϵ_A – выражение в скобках, руб/(кВт·ч); H_m, H_K – норма амортизационных отчислений соответственно по шасси автомобиля (10%) и технологического оборудования (например, 12,5% для внесения минеральных удобрений); T_m, T_K – нормативная загрузка автомобиля и технологического оборудования, ч ($T_m = 1500$ ч, $T_K = 700$ ч), планируемая для внесения минеральных удобрений.

Затраты на техническое обслуживание (ТО) и ремонт $C'_{ТОР}$ определяются по аналогии с расчётом амортизационных отчислений. Только вместо H_m и H_K берутся $H_{ТРm}$ и $H_{ТРk}$ соответственно нормативы затрат на ТО и ремонт для автомобиля и технологического оборудования (6 и 9% для внесения минеральных удобрений).

$$\begin{aligned} C'_{ТОР} &= a_m \cdot H_{ТРm} / (100 \cdot T_m) + a_K \cdot H_{ТРk} / (100 \cdot T_K) + \\ &+ [\epsilon_m \cdot H_{ТРm} / (100 \cdot T_m) + \epsilon_K \cdot H_{ТРk} / (100 \cdot T_K)] \cdot N = \\ &= a_{ТОР} + \epsilon_{ТОР} \cdot N, \end{aligned}$$

где $a_{ТОР}, \epsilon_{ТОР}$ – сумма двух, соответственно первых слагаемых и в квадратных скобках.

Затраты на восстановление износа и ремонта шин C'_X равны

$$C'_X = K_X \cdot S_X \cdot H_X (2L + \omega/U) \cdot \lambda / 1000 \cdot 100,$$

где K_X – количество шин на ТТС; S_X – цена одной шины, руб.; H_X – норма на восстановление и ремонт шин на 1000 км пробега (0,78% к стоимости комплекта шин); L – длина транспортировки, км; ω – удельная грузоподъемность, кг/м; U – доза внесения минеральных удобрений, кг/м²; λ – величина обратная времени единичного цикла, 1/ч.

Уместно обратить внимание на факт приближенного равенства произведения $K_X \cdot S_X$ для ТТС разной мощности: например, для ЗИЛ оно (6×6,2 тыс. руб.) равно 37 тыс. руб., а для УРАЛ (4×9,5) – 38 тыс. руб. Отклонение составляет менее 3%, что допустимо при инженерных расчётах.

Такое упрощение и выкладки при определении затрат на топливо позволяют считать затраты C'_X не зависимыми от N . Тогда $C'_X = a_X$ при $\epsilon_X = 0$.

Страховые платежи C'_C зависят от N и рассчитываются по аналогии с отчислениями на реновацию

цию C'_A или на ТО и ремонт $C'_{ТОР}$. С учётом страховых тарифов для шасси автомобиля $H_{cm} = 0,45\%$ и для технологического оборудования $H_{ck} = 1,0\%$.

$$C'_C = a_C + \epsilon_C \cdot N, \text{ где коэффициенты равны}$$

$$a_C = a_m \cdot H_{cm} / 100 \cdot T_m + a_k \cdot H_{ck} / 100 \cdot T_k, \text{ руб/ч}$$

$$\epsilon_C = \epsilon_m \cdot H_{cm} / 100 \cdot T_m + \epsilon_k \cdot H_{ck} / 100 \cdot T_k, \text{ руб/кВт}\cdot\text{ч}$$

Налоги $C'_{РОТ}$ по каждому средству в составе ТТС включают в себя ежегодную оплату государственного технического осмотра C'_t , регистрации номерного знака, технического паспорта C'_r , а также транспортного налога $C'_{ут}$.

Первые два вида налога не зависят от N и составляют части от минимальной оплаты труда C_{min} (5,965 рублей на 2015 год).

$$C'_t = C_{min} \cdot (K_{ea} / T_m + K_{eo} / T_k), \text{ руб/ч,}$$

где K_{ea} и K_{eo} – доли от C_{min} соответственно для автомобиля ($K_{ea} = 1$) технологического оборудования ($K_{eo} = 0,5$ для внесения удобрений).

$$C'_r = C_{min} \cdot (K_{ra} / T_m \cdot T_a), \text{ руб/ч,}$$

где T_a – сроки эксплуатации автомобиля ($T_a = 10$ лет); K_{ra} – доля от C_{min} для автомобиля ($K_{ra} = 0,5$).

Величина транспортного сбора $C'_{ут}$ за год использования автомобиля с разными типами технологического оборудования зависит от N посредством ставки транспортного налога K_{CT} (на 2015 г. составляет 100 руб/кВт)

$$C'_{ут} = N \cdot K_{CT} / T_m, \text{ руб/ч.}$$

Суммируя три вида налогов, можно рассчитать общие выплаты по налогам:

$$C'_{РОТ} = [C_{min} (K_{ea} / T_m + K_{eo} / T_k + K_{ra} / (T_m \cdot T_a))] + N \cdot K_{CT} / T_m = a_{РОТ} + \epsilon_{РОТ} \cdot N,$$

где $a_{РОТ}$ – выражение в квадратных скобках; $\epsilon_{РОТ}$ – коэффициент, характеризующий темп изменения $C'_{РОТ}$ относительно N ($\epsilon = N \cdot K_{CT} / T_m$, руб/кВт·ч).

Накладные расходы C'_H планируются в размере 90% от оплаты труда C'_O .

$$C'_H = 0,9 \cdot C'_O = 0,9 \cdot a_o = a_H = 0,9 \cdot S_C \cdot \mu_o (1 + K_{OC} / 100), \text{ руб.}$$

при $\epsilon_m = 0$.

Эксплуатационные затраты C'_E .

Из приведённых выше методов калькуляции прямых эксплуатационных денежных затрат можно получить развёрнутое выражение C'_E в обобщённой форме:

$$C'_E = a_O + a_A + a_{ТОР} + a_X + a_C + a_{РОТ} + 0,9 \cdot a_O + (\epsilon_T + \epsilon_A + \epsilon_{ТОР} + \epsilon_C + \epsilon_{РОТ}) \cdot N = H_E + D_E \cdot N, \text{ руб/ч,}$$

где H_E – сумма показателей, обозначенных a_i , руб./ч; D_E – сумма показателей (в скобках), обозначенных ϵ_i , руб/кВт·ч.

Капиталовложения C'_K определяются с целью расчёта приведённых затрат C'_P . По аналогии с расчётом C'_A или $C'_{ТОР}$ и эффективности капиталовложений $H_{em} = 10\%$ по автомобилю и $H_{ek} = 10\%$ по технологическому оборудованию для внесения минеральных удобрений вычисляются по формуле

$$C'_K = a_m \cdot H_{em} / 100 \cdot T_m + a_k \cdot H_{ek} / 100 \cdot T_m + (\epsilon_m \cdot H_{em} / 100 \cdot T_m + \epsilon_k \cdot H_{ek} / 100 \cdot T_m) \cdot N = a_K + \epsilon_K \cdot N,$$

где a_K – сумма двух первых слагаемых, руб/ч; ϵ_K – выражение в скобках, руб/(кВт·ч).

Приведённые затраты C'_P равны сумме затрат C'_E и C'_K в виде

$$C'_P = H_E + a_K + (D_E + \epsilon_K) \cdot N = H_P + D_P \cdot N, \text{ руб/ч,}$$

где H_P – сумма двух первых слагаемых, руб/ч; D_P – сумма слагаемых в скобках, руб/(кВт·ч).

Показатели H_P и D_P представляют собой часовые денежные затраты, соответственно зависящие и не зависящие от мощности ТТС.

На этом завершается этап математического формулирования зависимостей производительности и трёх видов удельных денежных затрат от мощности. Тем самым подготовлена модель оптимизации N .

Предлагается классическим методом определить экстремумы целевых функций от аргумента N , а именно из условий

$$\frac{\partial W}{\partial N} = 0; \quad \frac{\partial C_B}{\partial N} = 0; \quad \frac{\partial C_E}{\partial N} = 0; \quad \frac{\partial C_P}{\partial N} = 0 \text{ получить уравнения и, решая их, определить оптимальные соответствующие значения мощности:}$$

$$N_W = \gamma/2, \text{ при } \gamma = h/d;$$

$$N_{CB} = \Delta_B (\sqrt{1 + \gamma/\Delta_B} - 1), \text{ при } \Delta_B = H_B/D_B;$$

$$N_{CE} = \Delta_E (\sqrt{1 + \gamma/\Delta_E} - 1), \text{ при } \Delta_E = H_E/D_E;$$

$$N_{CP} = \Delta_P (\sqrt{1 + \gamma/\Delta_P} - 1), \text{ при } \Delta_P = H_P/D_P$$

Далее рассчитывается значение производительности ТТС и денежных затрат на единицу работы, которые фиксируются в таблицах для анализа.

Зная границу между каждым N_{Ci} и N_W , можно установить, какому соотношению между W и C_i соответствуют применяемые в хозяйстве и перспективные транспортно-технологические средства, тем самым установить целесообразность использования конкретных средств или подобрать условия по U и L , где их использование будет эффективным.

В качестве примера, подтверждающего приемлемость метода, приводятся в таблицах 1, 2 и 3 результаты расчётов по обоснованию оптимальных условий применения специализированного автомобиля УРАЛ-432091 с технологическим оборудованием для внесения минеральных удобрений дозой 0,6 т/га.

Таблица 1

Основные характеристики использования ТТС по критерию $W \rightarrow \max$ (для $U = 0,06$ т/га)

| Показатель | Длина транспортировки, км | | |
|------------------|---------------------------|--------|--------|
| | 3 | 9 | 27 |
| h | 0,69 | 0,61 | 0,52 |
| d , 1/кВт | 0,0005 | 0,0003 | 0,0002 |
| γ , кВт | 1380 | 2033 | 2600 |
| μ | 0,20 | 0,34 | 0,57 |
| N_W , кВт | 690 | 1017 | 1300 |
| $N^{УРАЛ}$, кВт | 140 | 140 | 140 |
| $W^{УРАЛ}$, т/ч | 11,5 | 6,0 | 2,8 |

Таблица 3

Результаты оптимизационных расчётов по стоимостным критериям*

| Составляющие затрат | Длина транспортировки, км | | |
|------------------------------------|---------------------------|-----------|-----------|
| | 3 | 9 | 27 |
| По критерию $C_B \rightarrow \min$ | | | |
| H_B , руб/ч | 135 | 135 | 135 |
| D_B , руб/кВт·ч | 0,89 | 0,98 | 1,25 |
| Δ_B , кВт | 152 | 138 | 108 |
| N_{CB} , кВт | 304 (140) | 418 (140) | 432 (140) |
| W , т/ч | – (11,6) | – (6,0) | – (2,9) |
| C_B , руб/т | – (22) | – (45) | – (106) |
| По критерию $C_E \rightarrow \min$ | | | |
| H_E , руб/ч | 399 | 400 | 403 |
| D_E , руб/кВт·ч | 2,7 | 2,8 | 3,1 |
| Δ_E , кВт | 148 | 143 | 130 |
| N_{CE} , кВт | 330 (140) | 400 (140) | 435 (140) |
| W , т/ч | – (11,6) | – (6,0) | – (2,9) |
| C_E , руб/т | – (68) | – (132) | – (299) |
| По критерию $C_P \rightarrow \min$ | | | |
| H_P , руб/ч | 460 | 461 | 464 |
| D_P , руб/кВт·ч | 3,6 | 3,7 | 4,0 |
| Δ_P , кВт | 128 | 125 | 116 |
| N_{CP} , кВт | 320 (140) | 394 (140) | 441 (140) |
| W , т/ч | – (11,5) | – (6,0) | – (2,8) |
| C_P , руб/т | – (83) | – (163) | – (352) |

Таблица 2

Калькуляция работы ТТС (a_i , руб/ч; v_i , руб/кВт·ч)

| Составляющие затрат | Длина транспортировки, км | | |
|---------------------|---------------------------|------|------|
| | 3 | 9 | 27 |
| a_0 | 135 | 135 | 135 |
| v_T | 0,89 | 0,98 | 1,25 |
| a_A | 71 | 71 | 71 |
| v_A | 1,01 | 1,01 | 1,01 |
| $a_{ТОР}$ | 49 | 49 | 49 |
| $v_{ТОР}$ | 0,67 | 0,67 | 0,67 |
| a_X | 7,3 | 8,0 | 10,4 |
| a_C | 5 | 5 | 5 |
| v_C | 0,06 | 0,06 | 0,06 |
| $a_{РОТ}$ | 10 | 10 | 10 |
| $v_{РОТ}$ | 0,07 | 0,07 | 0,07 |
| a_H | 122 | 122 | 122 |
| a_K | 61 | 61 | 61 |
| v_K | 0,9 | 0,9 | 0,9 |

*В скобках приводятся значения для автомобиля УРАЛ.

Выводы

Использование автомобиля эффективно по всем рассмотренным стоимостным критериям на расстояниях менее 1 км с затратами от $C_B = 20$ до $C_P = 60$ руб/т и производительностью 12 т/ч. При этих

условиях достигается максимум производительности данного ТТС.

Технологическим адаптером для данного технологического средства установлена эффективность его прямого использования на расстоянии до 5 км без конкретизации критерия оптимальности.

Сравнив табличные данные можно предположить, что это значение расстояния соответствует компромиссному (между $W \rightarrow \max$ и $C_B \rightarrow \min$) критерию эффективности при условии слишком малых затрат и больших затрат на топливо.

Таким образом, предлагаемая методика оптимизации транспортно-технологических процессов позволяет более оперативно и доказательно определять по разным технико-экономическим критериям эффективность использования средств, в конкретной производственной ситуации.

Библиографический список

1. Дзоценидзе Т.Д. Специализированный автомобильный транспорт сельскохозяйственного назначения: Монография / Т.Д. Дзоценидзе, С.Н. Гал-

кин, А.Г. Левшин, М.А. Козловская, В.Н. Сорокин, П.В. Середа. М.: ООО «НИКА»; ЗАО «Металлургиздат», 2013. 368 с.: ил.

2. Федеральный регистр технологий производства продукции растениеводства (система технологий) // Министерство сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации, Российская Академия сельскохозяйственных наук. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2000. 517 с.

3. Зангиев А.А. Оптимизация состава и режимов работы МТА по критериям ресурсосбережения: Дис. д-ра техн. наук. М., 1987. 500 с.

4. Левшин А.Г., Уваров В.П., Майстренко Н.А. Модель оптимизации параметров транспортно-технологических автомобилей // Технология колёсных и гусеничных машин. № 1. 2014. С. 25.

5. Драгайцев В.И. Методика экономической оценки технологий и машин в сельском хозяйстве. М.: ВНИИЭСХ, 2009.

6. Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е. Проблемы и перспективы технологического транспорта в сельском хозяйстве // Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина. Выпуск 1(40).

Майстренко Николай Александрович – старший преподаватель кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 14, стр. 7; тел.: +7-967-266-66-02; e-mail: nmaystr@mail.ru.

Уваров Виктор Петрович – доцент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 14, стр. 7.

Статья поступила 13.12.2015

CONSUMER TARGETS OF EFFICIENT USE OF ADVANCED TRANSPORT-AND-TECHNOLOGICAL VEHICLES

N.A. MAYSTRENKO, V.P. UVAROV

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev

The paper introduces a method of determining the efficiency of transport-and-technological vehicles utilization using main economic criteria: minimum return, repayable, or direct operating, or reduced costs. The paper determines the necessity (in the future) of using vehicles with interchangeable process modules to perform transport-and-technological operations. At the same time it is noted that the use of a certain vehicle type is predetermined with a conventional consumer reference point – the ratio between performance and costs of its implementation. The objective of the considered study is the determination of this ratio allowing to use effectively a desired vehicle type. The authors suggest it should begin with examination of the impact on the consumer reference point of external environment factors, mostly combinations of transportation distances, doses (rates) of distribution (collection) of process material and specific cargo capacity (per 1 m of width). The authors suggest assessing consumer properties of vehicles, in particular, providing the specified performance and ensuring the desired economic effect using a complex indicator – the required power of the vehicle. They also claim that at the stage of new vehicle introduction respective power requirements of production conditions and financial means should be justified using technical and economic criteria. When using the classical optimization method the extremes of the objective functions are to be determined. The authors have stated the ratio between labour productivity and production costs, corresponding to applied on the farm and prospective transport-and-technological vehicles.

Thus, they have proved the efficiency of using specific vehicles or their requirements selection basing on the indicators of technological material distribution (collection) rate and transportation distance in cases where their use is effective. Using an example of mineral fertilizer introduction with an 'Ural' automobile equipped with a body-spreader, the authors determine optimal production requirements for fertilizer application that meet each of the optimality criteria.

Key words: special-purpose vehicle, transport-and-technological vehicles, optimization, optimality criteria, economic indicators, consumer properties.

References

1. Dzotsenidze T.D. Spetsializirovanny avtomobil'nyy transport sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya: Monografiya [Specialized road transport for agricultural use: Monograph] / T.D. Dzotsenidze, S.N. Galkin A.G. Levshin, M.A. Kozlovskaya, V.N. Sorokin, P.V. Sereda. M.: "Nika"; JSC "Metallurgisdat", 2013. 368 p.: ill.
2. Federal Register of crop production technologies (the system of technologies) // Ministry of Agriculture and Food of the Russian Federation, the Russian Academy of Agricultural Sciences. M.: FGNU "Rosinformagroteh", 2000. 517 p.
3. Zangiev A.A. Optimizatsiya sostava i rezhimov raboty MTA po kriteriyam resursoberezheniya: Dis. Dr. Tekhn. Nauk. [Optimization of structure and modes of vehicle operation by the resource criteria: PhD (Eng) thesis]. M., 1987. 500 p.
4. Levshin A.G., Uvarov V.P., Maystrenko N.A. Model' optimizatsii parametrov transportno-tekhnologicheskikh avtomobiley [Model of parameters optimization of transport and technological vehicles] // Tekhnologiya kolesnykh i gusenichnykh mashin [Technology of Wheeled and Tracked Vehicles]. № 1. 2014. P. 25.
5. Dragaytsev V.I. Metodika ekonomicheskoy otsenki tekhnologiy i mashin v sel'skom khozyaystve [Methods of economic evaluation of technologies and machines in agriculture]. M.: VNIIESKH. 2009.
6. Izmailov A.Yu., Evtyushenkov N.Ye. Problemy i perspektivy tekhnologicheskogo transporta v sel'skom khozyaystve [Problems and prospects of technological transport in agriculture] // Vestnik FGOU VPO "Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V.P. Goryachkina" [Herald of FSEIHPЕ "Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin"]. Issue 1 (40).

Nikolai A. Maystrenko – Senior Lecturer, Department of Machine and Tractor Stock Utilization and High Technologies in Plant Production, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev; 127550, Moscow, Pryanishnikova ul., 14, build. 7; phone: +7-967-266-66-02; e-mail: nmaystr@mail.ru.

Viktor P. Uvarov – Associate Professor, Department of Machine and Tractor Stock Utilization and High Technologies in Plant Production, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev; 127550, Moscow, Pryanishnikova ul., 14, build. 7.

Received on December 13, 2015