

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ
ИССЛЕДОВАНИЙ РЕСУРСА ШИН ТРАКТОРА**
(ТРАКТОР ШИНАЛАРИ РЕСУРСИНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ НАТИЖАЛАРИНИНГ
ИҚТИСОДИЙ САМАРАДОРЛИГИ)

Худайбердиев Т. С

д.т.н., профессор Андиганский сельскохозяйственный и агротехнологический институт

Мелибаев М

к.т.н., доцент Наманганский инженерно-строительный институт

Дадаходжаев А

к.с/х.н., доцент Наманганский инженерно-строительный институт. Узбекистан, Наманган

ARTICLE INFO.

Ключевое слово:

шина, пневматика, эксплуатация,
фактор, ресурс, техническое
состояние, протектор, износ,
давление

Аннотация

В данной статье представлены показатели экономической эффективности по итоговым результатам научных исследований тракторных пневматических шин.

<http://www.gospodarkainnowacje.pl/> © 2022 LWAB.

Под оптимальными параметрами трактора и составных её элементов понимаются такие параметры, при сочетании которых выбранный критерий эффективности достигает весомого экстремума. От выбора этого критерия зависит решение задачи поиска оптимальных параметров шин [1].

Указанные критерии носят в основном технический характер и непосредственно не учитывают влияния качества шин на экономические факторы в процессе их эксплуатации.

Наиболее распространён критерий эффективности, учитывающий эксплуатационные затраты и эффективность капиталовложения – приведённые затраты. В качестве условия оптимальности принимают $Z_{np} \rightarrow \min$.

Приведённые затраты на выполнение какой-либо сельскохозяйственной операции могут быть подсчитаны как отношение затрат общественного труда к производительности МТА, т.е. S_i/P_i .

При оценке эффективности новых моделей шин, затраты общественного труда S_i исчисляются в денежном выражении расходов, связанных с использованием рабочей силы (S_1), расход топлива (S_2) и приведённых к текущим затратам капиталовложений для приобретения шин с новым (S_3). Составляющая $S_1 = 3_T t_i$, где $3_T = 1325$ сум/ч – часовая оплата тракториста; $t_i = t b_i / 100$ – время

использования трактора на работе данного вида; b_i – процентное отношение объёма работы данного вида к годовой загрузке трактора t .

Затраты на топливо можно определить по формуле [2].

$$\text{для MTЗ-80X } S_2 = g_i C_{mon} t_i = 20 \cdot 4800 = 96000 \text{ сум} \quad (1)$$

$$\text{для New Holland } (S_2 = g_i C_{mon} t_i = 10 \cdot 4800 = 544000 \text{ сум})$$

где g_i – часовой расход топлива; C_{mon} – комплексная цена топлива, равная 0,081 сум/кг.

Зависимость между часовым расходом топлива и эффективной мощностью N_i трактора с достаточной для практических расчётов точностью может быть принята линейной, т.е.

$$G_i = A + B N_i, \quad (2)$$

где A и B – константы аппроксимации экспериментальных нагрузочных характеристик конкретного двигателя, которые для двигателей Д240 и FPT (110 л.с.) соответственно равны 5,068; 0,181 и 6,726; 0,235 [2].

Капиталовложения потребителя на приобретение новых шин приводят к текущим затратам следующим образом:

$$S_3 = 1,1(1+r+E_H)C_{ш}K(t_i/R), \quad (3)$$

где $1,1$ – коэффициент, учитывающий затраты на транспортировку и содержание снабженческих организаций; r – средняя норма отчислений на ремонты (в расчётах принимают $r = 0,115$); $E_H = 0,15$ – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений; $C_{ш}$ – балансовая стоимость шины; K – число шин данной модели, устанавливаемых на тракторе; t_i/K – величина, характеризующая потребность шин в хозяйстве; R – эксплуатационный ресурс шины [3].

Таким образом, затраты общественного труда на комплектацию трактора шинами при выполнении им какой-либо сельскохозяйственной операции

$$S_i = (1,76 + 0,015 N_e + 1,43 C_{ш} K / R) t_i$$

$$S_{i1} = (1,76 + 0,051 \cdot 110 + 1,43 \cdot 2000000 \cdot 2/86) 8 = 66551,6 \text{ сум} \quad (4)$$

или

$$S_i = (1,87 + 0,019 N_e + 1,43 C_{ш} K / R) t_i$$

$$S_{i2} = (1,87 + 0,019 \cdot 110 + 1,43 \cdot 2000000 \cdot 2/80) 8 = 71500 \text{ сум}$$

Так как на долговечность шины при эксплуатации существенно влияют внутреннее давление и нормальная нагрузка, действующая на шину, то ресурс шин в зависимости от параметров можно предварительно оценить по формуле [3]:

$$R = 0,7 R_{ш} (G_{к.дон} / G_k - 2,2)^2, \quad (5)$$

где $R_{ш}$ – средний производственный ресурс шин для сельскохозяйственных тракторов по базовой группе по зоне.

Допустимая нормальная нагрузка

$$G_{к.дон} = (h_2 / H) (a_1 + a_2 p_{ш}) H \quad (6)$$

где h_2/H – допустимый относительный прогиб шины; H – высота профиля шины; a_1 и a_2 – коэффициенты экспериментальных зависимостей нормальной жёсткости от внутреннего давления воздуха в шине. Эффективную мощность двигателя можно записать на основании

мощностного баланса трактора, выполняющего сельскохозяйственную работу определённого вида:

$$N_e = N_{x1} + N_{x2} + N_{\delta1} + N_{\delta2} + N_{M2} + N_{кр}, \quad (7)$$

где N_1 и N_2 - потери мощности на качение колес переднего и заднего мостов; $N_{\delta1}$ и $N_{\delta2}$ - потери мощности на буксование колес переднего и заднего мостов; - мощность трактора на крюке. N_{M2} - потери мощности в приводе заднего моста;

При количественной оценке указанных составляющих мощностного баланса трактора необходимо знать характеристики взаимодействия пневматических колес с опорной поверхностью.

Производительность МТА определим по формуле:

$$P_i = 0,1 K_k B_i \mathcal{G}_i \tau_i, \quad (8)$$

где K_k - произведение поправочных коэффициентов, учитывающих влияние на производительность рельефа местности, каменистости, конфигурации участка и влажности почвы; B_i - рабочая ширина захвата орудия; \mathcal{G}_i - рабочая скорость при выполнении i -й операции; τ_i - коэффициент использования рабочего времени смены на операции [4,5].

Таким образом, с учётом формул (1)...(8) годовые приведённые затраты

$$Z_{np} = \sum_1^n (S_i / P_i), \quad (9)$$

где n - число видов работ, выполняемых трактором за год.

Чтобы оценить эффективность новой техники, её показатели сопоставляют с показателями исходного уровня базовой техники. Сравнительный годовой экономический эффект определяют как разность приведённых затрат по базовой (B) и новой (H) технике.

Исходное условие при сравнительной оценке шин различных моделей – однотипность сравниваемых МТА. В таком случае коэффициент учёта повышения производительности труда при применении новой шины в сравнении с базовой будет определяться лишь отношением действительной рабочей скорости нового и базового тракторов, т.е.

$$K_{Pi} = P_{iH} / P_{i\delta} = \mathcal{G}_{iH} / \mathcal{G}_{i\delta}, \quad (10)$$

Поэтому при сравнительной оценке эффективности шин целесообразно использовать безразмерную величину, представляющую собой отношение разности годовых приведённых затрат по базовой и новой технике. Эту величину называют эффективностью ходовой системы трактора и с учётом выражения (10) определяют по формуле:

$$\mathcal{E}_T = \sum_1^n \left(1 - \frac{S_{iH}}{S_{i\delta} K_{ni}} \right), \quad (11)$$

Величина \mathcal{E}_m показывает на сколько процентов приведённые затраты на выполнение сельскохозяйственной операции трактором с колесным движителем нового варианта снизились ($+\mathcal{E}_m$) или возросли ($-\mathcal{E}_m$) по сравнению с его базовым вариантом.

Величины R , N_l и входящие в выражения (4) представляют собой функции параметров шин и физико-механических свойств опорной поверхности и характеризуют долговечность, энергетические и кинематические показатели ходовой системы. Таким образом, если в качестве критерия принять эффективность \mathcal{E}_m , то рациональными параметрами шин будут такие, при

которых с учётом ограничений, устанавливаемых на основании требований к шинам универсально-пропашных тракторов, функция (11) приближается к максимуму [6,7].

Эффективность колесного движителя рассчитана по приведённой методике. При этом в качестве почвенного фона приняты стерня и поле подготовленное под посев, с коэффициентом объёмного смятия грунта соответственно $16,7 \cdot 10^4 \text{ кН/м}^3$ и $6,7 \cdot 10^4 \text{ кН/м}^3$.

Исследования проводили с целью оценки влияния жёсткостных характеристик шин, их геометрических параметров, кинематического несоответствия в приводе трактора, а также условий эксплуатации на эффективность колесного движителя: сравнительной оценки эффективности колесных движителей, укомплектованных шинами различных моделей.

При изучении влияния нормальной жёсткости и геометрических параметров шин на эффективность движителя в качестве базового варианта был принят движитель трактора *МТЗ-80Х* с шинами *12-16 Л-163* и *15,5-38 Я-166*. Расчёты проведены при кинематических согласованных режимах работы ведущих мостов трактора ($K_n=0$).

Из анализа результатов расчёта следует, что характер зависимости эффективности движителя от h_2/H в значительной степени определяется величинами G_k , P_{kp} , а также видом опорной поверхности. Повышение относительного нормального прогиба шин передних колес, а значит, снижение их нормальной жёсткости эффективно лишь при работе трактора с тяговым усилием, близким к нормальному.

Однако, при этом режиме работы на поле, подготовленном под посев, не выполняется требование агротехники по допустимому буксованию трактора [8,9,10].

В эксплуатационном диапазоне изменения P_{kp} снижения нормальной жёсткости передних шин неэффективно, поскольку приведённые затраты на выполнение сельскохозяйственной операции уменьшаются менее интенсивно, чем возрастают затраты, обусловленные потерей ресурса шин. То же самое справедливо и для шин задних колес, причём при движении трактора на повороте во всём диапазоне изменения P_{kp} повышение величины h_{z2}/H_2 приводит к резкому падению эффективности движителя. Последнее объясняется тем, что характеристики шин задних колес по сравнению с передними гораздо меньше влияют на поворачиваемость трактора. По стоимости же шины задних колес более чем в 2 раза дороже. Поэтому снижение их ресурса приводит к существенному увеличению приведённых затрат и как следствие, падению эффективности движителя.

Расчётным методом установлено, что повышение относительного прогиба шины на 50 % базового позволяет снизить на 29-32 % среднее давление колесного движителя на жёсткое основание и на 0,5-2,0 % буксование.

Следует отметить, что затраты общественного труда на выполнение сельскохозяйственных работ с использованием одного базового варианта движителя трактора, рассчитанные по выражению (9), составляют $3820000 \dots 5800000$ сум, причём минимальное значение указанных затрат соответствует работе трактора на стерне при $P_{kp}=0$, а их максимальное значение – работе трактора на поле, подготовленном под посев при $P_{kp}=12 \text{ кН}$. Поэтому повышение эффективности колесного движителя трактора на 1 % даёт годовую экономию в расчёте на один трактор $38000,3-62000,8$ сум.

Зависимости получены при условии сохранения постоянных значений ресурсов шин и их стоимости. Однако, чтобы при увеличении h_2/H сохранить ресурс шин, требуются более качественные материалы для их изготовления, а значит, при оценке эффективности колесного движителя [11,12].

В процессе анализа влияния геометрических параметров шин на эффективность движителя с базовым вариантом сравнивали движители, укомплектованные шинами следующих моделей:

1). 13,6R38 ЯР-318 и 15,5-38 Я-166; 2). 18,4/15-30 R-319 и 15,5-38 Я-166;

3). 13,6R38 ЯР-318 и 18,4/15-30 R-319; 4). 15,5-38 Я-166 и 18,4/15-30 R-319.

Варианты 1 и 2 использовали при исследовании колес, а варианты 3 и 4 – шин задних колес. Значения величин h_{z1}/H_1 и h_{z2}/H_2 соответственно было равны 0,12 и 0,18, т.е. при расчётах ресурс шин не изменялся и для передних колес составлял 5000 ч, а для задних – 6000 ч.

Анализ результатов расчёта показал, что эффективность движителя с шинами различных сил тяжести по колесам трактора заключается в статике и крюковой нагрузки. С ростом G_k и $P_{кр}$ эффективность движителя с шинами большего типоразмера растёт, причём более интенсивно на поле, подготовленном под посев, чем на стерне. Варианты 1-4 движителей имеют преимущества перед базовым лишь при определённых значениях $P_{кр}$ и G_k . Так, движитель с шинами 18,4/15-30 R-319 и 15,5-38 Я-166 эффективен при следующих эксплуатационных условиях:

поле – $G_{k1}=4 \text{ кН}$, $P_{кр}>10 \text{ кН}$; $G_{k1}=7 \text{ кН}$, $P_{кр}>8 \text{ кН}$; $G_{k1}=10 \text{ кН}$, $P_{кр}\geq 0$;

стерня – $G_{k1}=10 \text{ кН}$, $P_{кр}\geq 0$;

Аналогичные условия для движителя с шинами 19,5-42 Я-183 и 18,4/15-30 R-319 следующие:

поле – $G_{k2}=10 \text{ кН}$, $P_{кр} \geq 0$;

стерня - $G_{k2}=10 \text{ кН}$, $P_{кр} > 7 \text{ кН}$; $G_{k2}=14 \text{ кН}$, $P_{кр} > 5 \text{ кН}$; $G_{k2}=18 \text{ кН}$, $P_{кр} \geq 0$;

Снижение эффективности движителя с шинами больших моделей при низких значениях $P_{кр}$ и G_k объясняется тем, что приведённые затраты на выполнение сельскохозяйственных работ увеличивается за счёт роста стоимости шин в большей степени, чем снижаются за счёт повышения производительности МТА и более низких затрат на топливо.

При исследовании влияния кинематического несоответствия на эффективность колесного движителя характеристики его базового варианта были такими же, как и при оценке влияния жёсткостных и геометрических параметров.

Такой характер зависимости $\mathcal{E} = f(K_n)$ объясняется ухудшением тяги сцепных показателей трактора по причинам. Так, при $K_n=0$ движитель трактора МТЗ-80Х с шинами 12-16 Л-163 и 15,5-38 Я-166 эффективнее, чем с шинами 12-16 Л-163 и 15,5-38 Я-166, в диапазоне изменения $P_{кр}$ от 0 до 12 кН, а при реальных значениях K_n , которые для данных комплектаций в среднем равны соответственно 0,09 и 0,01, эффективнее лишь при $P_{кр}>7 \text{ кН}$.

В процессе расчётов соблюдены установленные, согласно грузоподъёмности, нормы между значениями нормальной нагрузки и давлением воздуха в шине.

Расчётные значения эффективности указанных вариантов движителей при прямолинейном движении трактора (таблица 1), подготовленным под посев. Зависимости от $P_{кр}$ при различных значениях G_k , диапазон изменения которых соответствует эксплуатационным условиям, характерным для тракторов МТЗ-80Х и New Holland TD5 110. Эффективность движителя третьего варианта выше второго лишь на поле, подготовленное под посев, и при достаточно больших значениях G_k т.е. при $G_{r1}=10 \text{ кН}$ и $G_{r2}=17 \text{ кН}$. Для прочих принятых условий эксплуатации эффективнее движитель с шинами 13,6R38 ЯР-318 и 18,4/15-30 R-319. Причины более низкой эффективности движителя с шинами больших моделей рассмотрены выше [13,14].

Таблица 1 Техничко-экономические показатели внедрения рекомендуемой модели колесных тракторных шин

<i>Наименование показателей</i>	<i>Единица измерения</i>	<i>Базовый вариант</i>	<i>Опытный вариант</i>
Давление на почву	Мн/м ²	0,15-0,5	0,08-0,4
Буксование	%	3-4	2-3
Эффективность двигателя	G, (кН)	10	14
Средний ресурс	%	80	86
Расход топлива	кг	20	17
Затраты капиталовложений на приобретение шин	Сум/ч	1325	1325
Часовая оплата тракториста	сум	1064000	544000
Годовой экономический эффект 1 один трактор	сум	3820000	5803000

Сравнительный анализ результатов по оценке эффективности двигателей при различных эксплуатационных условиях показал целесообразность установки на тракторах *MT3-80X* и *New Holland TD5 110* шин *13,6R38 ЯР-318* и *18,4/15-30 R-319*. При этом свободный диаметр и нормальная жёсткость шины *13,6R38 ЯР-318*, которая соответствует максимально допустимому внутреннему давлению воздуха, должны находиться соответственно в пределах *1,05-1,06 м* и *180-120 кН/м*.

Используемая литература

1. Мелибаев М., Нишонов Ф., Кидиров А. Тягово-сцепные показатели машинно-тракторного агрегата. //SCIENCE TIME. Общество Науки и творчества. //Международный научный журнал. – Казань. Выпуск. № 1/2017 г. – с 292-296.
2. Мелибаев М., Дедаходжаев А. Методология системного подхода при выборе рациональных параметров тракторных шин. Научные традиции и инновации в прикладных исследованиях. Материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений. 26-апреля 2018 г. ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный заочный университет». – Балашиха: Изд-во ФГБОУ ВО РГАЗУ, 2018 г. – с. 198-202.
3. Мелибаев М., Дедаходжаев А., Кидиров А. Агротехнические показатели машинно-тракторных агрегатов. «Инновационное научно-образовательное обеспечение агропромышленного комплекса» 69-ой Международной научно-практической конференция. ФГБОУ ВО РГАТУ. Рязань. 2018 г. - с 261-265.
4. Мелибаев М., Нишонов Ф., Кидиров А., Акбаров. Буксование ведущих колес пропашных трехколёсных тракторов. //Журнал «Научное знание современности». Материалы Международных научно-практических мероприятий Общества Науки и Творчества (г. Казань). Выпуск № 4 (16). Казань. 2018 г. – с 98-100.
5. Мелибаев М. Эксплуатационные показатели пропашных агрегатов в тяговых и агротехнических показателях ведущих колес. Инновационное научно-образовательное обеспечение агропромышленного комплекса» 69-ой Международной научно-практической конференция. ФГБОУ ВО РГАТУ.– Рязань. 2018 г. - с 253-257.
6. Мелибаев М., Дедаходжаев А., Лаптев И. Зависимость эксплуатационного ресурса шин от внутреннего давления. Вестник науки и образования. Электронный научно-методический журнал. Издательство «Проблемы науки» №10 (22) май. 2019 г. –Иванова. 2.06.2019 г.

7. Мелибаев М., Дедаходжаев А., Мамадалиев Ш. Общие и инерционные характеристики тракторных шин. //Omega science. Традиционная и инновационная наука: история, современное состояние, перспективы. Сборник статей. Международной научно-практической конференции. Тюмень. 14 марта 2020 г. с. 51-53.
8. Melibayev M., Yigitaliyev Jaloliddin Adkham ugli. Results of operational tests of tractor tires with increased service life and their technical and economic efficiency. Euro Asia Conferences. Euro Science: International Conference on Social and Humanitarian Research, Hosted from Cologne, Germany. April 25rd-26th 2021. <http://euroasiaconference.com>. Pages: 113-118.
9. Melibayev M., Yigitaliyev Jaloliddin Adkham ugli. Determination of parameters affecting the performance of tractor tires. International Journal of Academic pedagogical Research (IJAPR) ISSN: 2643-9123. Vol.5 Issue 5, May – 2021, Washgton DC,USA. <http://WWW.ijeais.org/ijapr> ijaprchiefeditor@gmail.com. Pages: 131-135.
10. Tolibzhon S. Khudayberdiyev, Makhmudzhon Melibayev, Anvar Dedokhodzhayev, Ma'rufzhon M. Mamadjonov. (2021). The Dynamic Characteristics of the Tires of the Wheels of the Tractor. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 25(6), 6758–6772. Retrieved from <https://www.annalsofrscb.ro/index.php/journal/article/view/6767> (Scopus)
11. Melibayev M., Dadakhodzhozhayev A. Rules for the characteristics of tractor tire parameters on a non-horizontal support surface. SJIF Impact Factor: 2021: 8/013| ISI I.F. Value:1.241| Journal DOL: 10.36713/ISSN:2455-7838 (Online). EPRA International journal of Research and Development (IJRD)|Volume:6|Issue:5| May 2021. Pades: 124-136.
12. Мелибаев М., Йигиталиев Ж.А. Оценка безотказности пропашных колёсных тракторных шин. //Международном научно-практическое журнале “Экономика и социум” № 2 (81) 2021. [https://WWW.iupr.ru/2-81-2021.\(ОАК\)](https://WWW.iupr.ru/2-81-2021.(ОАК))
13. Мелибаев М., Нишонов Ф., Содиков М.А. Показатели надежности пропашных тракторных шин. // UNIVERSUV: Технические науки. Выпуск: 2(83). Февраль 2021. Часть 1. М., 2021. – с. 91-94. (<http://7universum.com/ru/tech/archive/category/283>).
14. Melibayev M., Yigitaliyev J. Characteristics of the parameters of tractor tires on a non-horizontal support surface //International journal for Innovative Engineering and Management Research. ELSEVIER SSRN. IJEMR Transactions, online available on 26 th, Feb. 2021. Link: http://ijiemr.org/downloads/Volume-10/Special_Issue_0,3 Pages: 239-246.
15. Melibaev M. et al. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ И НАПРЯЖЕНИЙ ТРАКТОРНЫХ КОЛЁСНЫХ ШИН //Theoretical & Applied Science. – 2020. – №. 3. – С. 138-144.