

УДК 631.372

**ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО УРОВНЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАКТОРОВ  
В АГРАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ****Хусаинов Р.К., Галиев И.Г., Габдрафиков Ф.З., Мухаметзянов Д.Н., Яруллин Ф.Ф.**

**Реферат.** Процесс эксплуатации тракторов неразрывно связан с условиями, которые оказывают влияние на их эксплуатационные показатели. К этим условиям относятся эксплуатационные, организационные и природно-климатические условия с одной стороны и техническая эксплуатация – с другой, т.е. техника находится под влиянием условий функционирования. Комплексным, безразмерным показателем условий функционирования тракторов в аграрном производстве является уровень их эксплуатации. Уровень эксплуатации трактора, это состояние их эксплуатации в хозяйстве, который определяется степенью реализации мероприятий технической эксплуатации техники и процентом привлечения тракторов в трудоемкие процессы при их использовании по назначению. Теоретический уровень эксплуатации трактора может меняться от 0 до 1. При этом, 1- соответствует состоянию эксплуатации трактора, при котором расход ресурса минимален, т.е. степень реализации обобщенных факторов технической эксплуатации соответствуют требованиям ГОСТ и трактор выполняет работы с наименьшим удельным сопротивлением; 0 – теоретический, соответствует состоянию эксплуатации трактора, при котором расход ресурса максимален, т.е. техническая эксплуатация трактора не выполняется и трактор выполняет работы с максимальным удельным сопротивлением. В статье рассмотрены вопросы оптимизации уровня эксплуатации тракторов, представлена методика оптимизации этого показателя и приведен расчет на примере хозяйств Республики Татарстан. Получены закономерности изменения удельных затрат на устранение отказов и простоев в зависимости от уровня эксплуатации тракторов. Приведены расчеты по обоснованию оптимальных значений наработок до ремонта, между ремонтами и наработки до списания в зависимости от различных значений уровня эксплуатации тракторов.

**Ключевые слова:** оптимизация, уровень эксплуатации, условия функционирования, расход ресурса, повышение эффективности, обобщенные факторы, определяющие факторы, удельные затраты.

**Введение.** Современный этап развития аграрного производства связан с рыночными отношениями. В свою очередь рыночным отношениям свойственны кризисные ситуации, тем более в начале формирования комплексной механизации деятельности предприятий агропромышленного комплекса отечественной техникой.

В ситуации, когда цены на новые трактора растут, а потребности аграрного производства далеки от удовлетворения, решением является повышение эффективности их использования, что приведет к снижению себестоимости продукции сельского хозяйства и повысит ее конкурентоспособность [1, 2].

Повышение эффективности эксплуатации тракторов непосредственно связано с оценкой условий их функционирования в хозяйствах АПК и разработкой мероприятий по его улучшению. Условия функционирования техники оцениваются комплексным безразмерным показателем - уровнем эксплуатации тракторов [3, 4, 5].

Состояние технической эксплуатации тракторов и процент привлечения трактора к различным видам сельскохозяйственных работ, которые характеризуются разными удельными сопротивлениями агрегатов, определяют величину расхода ресурса агрегатов и систем техники. Расход ресурса - это величина уменьше-

ния остаточного ресурса при выполнении определенного объема работ [6, 7].

Уровень эксплуатации трактора может быть определена как в прошлом, для определения тенденции изменения расхода ресурсов систем и агрегатов трактора, так и на плановый период, для разработки мероприятий по повышению уровня обобщенных факторов технической эксплуатации тракторов и определения номенклатуры сельскохозяйственных работ на следующий период, с учетом обоснования и определения оптимальных значений расхода ресурсов систем и агрегатов трактора.

Повышение эффективности эксплуатации тракторов в различных условиях их использования основаны на установлении закономерностей изменения показателей надежности тракторов от уровня эксплуатации с учетом состояния техники. В связи с этим ставится цель исследования: оптимизация уровня эксплуатации тракторов.

**Анализ и обсуждение результатов исследования.** Оптимизация уровня эксплуатации тракторов заключается в проведении мероприятий по оптимизации уровня их технической эксплуатации и предложения различных вариантов дифференциации сельскохозяйственных работ по тракторам.

Так как на величину весомостей определяющих и обобщенных факторов влияют произ-

водственные и природно-климатические условия, мероприятия по оптимизации уровня технической эксплуатации заключаются в определении оптимального значения уровня и выявлении всех определяющих факторов, которые имеют максимальные коэффициенты эффективности по группам их реализации, обеспечивающие значительное увеличение уровня эксплуатации. При увеличении уровней этих факторов до 1, значение конечного результата должен обеспечить оптимальный уровень.

Для повышения эффективности эксплуатации тракторов в предприятиях необходимо провести оптимизацию уровня технической эксплуатации тракторов по критерию минимума суммарных удельных издержек на ремонт, от простоев и издержек, необходимых для повышения уровня технической эксплуатации.

Закономерности изменения затрат, приходящихся на единицу выработки на ремонтные воздействия и от простоев в зависимости от уровня эксплуатации представлены на рисунках 1, 2.

Необходимо было определить долю удельных затрат, которые зависят от уровня технической эксплуатации. При этом было допущено, что доля удельных затрат меняется пропорционально уровню технической эксплуатации тракторов.

Поскольку сумма весомостей обобщенных факторов, определяющих уровень технической эксплуатации тракторов, равняется 0,69 [8, 9, 10], то и доля удельных затрат на устранение отказов и от простоев в общем объеме равняется 0,69. Поэтому целевая функция оптимизации уровня технической эксплуатации тракторов выглядит следующим образом:

$$C_{тз} + D_3 \cdot (C_{пр} + C_0) \rightarrow \min \quad (1)$$

где  $C_{тз}$  – удельные затраты на повышение уровня технической эксплуатации тракторов, руб/м.ч.;  $D_3$  - доля удельных затрат на устранение отказов и от простоев, зависящие от уровня технической эксплуатации тракторов в общем объеме.

Удельные затраты от простоев определяется по формуле (2):

$$C_{пр} = 133,4 - 273,2 \cdot Y_3 + 144,1 \cdot Y_3^2 \quad (2)$$

Удельные затраты на устранение отказов определяется по формуле:

- до ремонта

$$C_{уд}^д = 121 - 235,5 \cdot Y_3 + 125,1 \cdot Y_3^2 \quad (3)$$

- после ремонта

$$C_{уд}^н = 23,96 \cdot Y_3^{-1,49} - 9,79 \quad (4)$$

Удельные затраты на повышение уровня

технической эксплуатации тракторов определяется из следующего выражения:

$$C_{тз} = \frac{Y_3^k \cdot C_{тз} \cdot \alpha}{W_r} \quad (5)$$

где  $Y_3^k$  – уровень определяющих факторов, реализация которых зависит от дополнительных капитальных вложений;  $\alpha$  – норматив капиталовложений в сельском хозяйстве;  $W_r$  – годовая наработка трактора, соответствующая уровню эксплуатации:

$$Y_3^k = D_{фк} \cdot Y_3 \quad (6)$$

где  $D_{фк}$  – доля факторов, повышение которых требует проведение дополнительных капитальных вложений.

$$C_{тз} = \frac{D_{фк} \cdot Y_3 \cdot C_{тз} \cdot \alpha}{W_r} \quad (7)$$

Однако задача состоит в повышении факторов только технической эксплуатации. В работе [11, 12, 13] факторы разделены на 3 группы реализации: проведение организационных мероприятий; повышение дисциплины труда; повышения, которые требуют проведение дополнительных капитальных вложений.

Факторы, повышение которых требуют проведения дополнительных капитальных вложений: место проведения ТО; наличие оборудования для проведения ТО; место обкатки; место ремонта; наличие передвижных ремонтных средств; хранение ТСМ; фильтрация топлива при заправке.

В связи с этим необходимо было определить долю 7 факторов в общем объеме факторов технической эксплуатации тракторов. При этом было допущено, что факторы, повышение которых требуют проведение дополнительных капитальных вложений, меняются пропорционально уровню технической эксплуатации тракторов.

Для определения доли факторов, повышение которых требуют проведения дополнительных капитальных вложений, следует приравнять уровень технической эксплуатации номинальному значению. Далее были проведены расчеты по определению доли факторов, повышение которых требуют проведение дополнительных капитальных вложений:

$$Y_{фк} = \sum_{i=7}^7 \phi_{ij}^k \cdot z_{ij}^k \cdot k_{ij}^k \quad (8)$$

где  $Y_{фк}$  – уровень факторов, повышение которых требуют проведения дополнительных капитальных вложений;  $\phi_{ij}^k$  – уровень  $i$  - го определяющего фактора, входящий к  $j$  - му обобщенному фактору, повышение которого требует проведения дополнительных капитальных вложений;  $Z_{ij}^k$  - весомость  $j$  - го обоб-

щенного фактора, повышение которого требуют проведения дополнительных капитальных вложений;  $k_{ij}^k$  – весомость  $i$ -го определяющего фактора, повышение которого требуют проведения дополнительных капитальных вложений.

Для хозяйств Республики Татарстан уровень факторов, повышение которых требует проведения дополнительных капитальных вложений, равняется 0,38.

$$D_{фк} = \frac{Y_{фк} \cdot 100}{Y_{фтэ=1}}, \quad (9)$$

где  $Y_{фтэ=1}$  – уровень технической эксплуатации равный номинальному.

$$D_{фк} = \frac{0,38 \cdot 100}{0,69} = 0,55. \quad (10)$$

Таким образом, целевая функция будет выглядеть следующим образом:

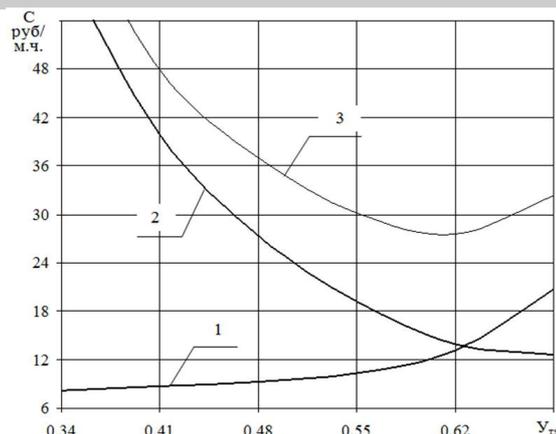
$$C_{тэ} = \frac{0,55 \cdot Y_3 \cdot \alpha \cdot C_{дв}}{5712,48 \cdot Y_3 - 1421,32 - 3064,3 \cdot Y_3^2} \times \frac{0,55 \cdot Y_3 \cdot \alpha \cdot C_{дв}}{5712,48 \cdot Y_3 - 1421,32 - 3064,3 \cdot Y_3^2} + 0,69 \cdot (C_{пр} + C_0) \rightarrow \min \quad (11)$$

Целевая функция (11) представлена в виде рисунка (рисунок 3). Из рисунка видно, что оптимальное значение уровня технической эксплуатации тракторов для хозяйств Республики Татарстан равно 0,62. Для повышения до оптимального значения уровня технической эксплуатации были определены факторы, в реализации которых заложен максимальный эффект.

На основании полученных закономерностей изменения удельных затрат от наработки трактора выявлены оптимальные значения наработки до ремонта, межремонтной наработки и наработки до списания в зависимости от уровня эксплуатации. Эти значения представлены в табл. 1.

Исходя из таблицы видно, что с повышением уровня эксплуатации тракторов от 0,5 до 1, наработка до первого ремонта повышается от 3300 до 5820 м.ч; межремонтная наработка – от 5800 до 10830 м.ч; наработка до списания – от 8650 до 14670 м.ч.

**Выводы.** На основании проведенных расчетов можно сделать следующий вывод: с повышением уровня эксплуатации тракторов увеличиваются межремонтные сроки и продолжительность их эксплуатации. Оптимизация



1 – затраты на повышение уровня технической эксплуатации; 2 – доля удельных затрат от простоев и отказов приходящиеся на факторы технической эксплуатации; 3 – суммарные затраты.

Рисунок 3 – График оптимизации уровня технической эксплуатации тракторов МТЗ- 80, МТЗ- 82

Таблица 1 – Оптимальные значения периодов в зависимости от уровня

Уровень эксплуатации	Суммарная наработка, м.ч		
	до ремонта	межремонтная	до списания
0,50	3300	5800	8650
0,60	4170	7650	10670
0,70	4860	8940	12290
0,80	5300	9860	13370
0,90	5600	10500	14170
1,00	5820	10830	14670

продолжительности эксплуатации техники до ремонта и до списания является наиболее коротким путем в снижении удельных затрат на приобретение и эксплуатацию тракторов. Исходя из исследований выявлено, что в настоящее время в хозяйстве тракторы отправляют на ремонт только после первой серьезной поломки, т.е. они перерабатывают значение оптимальной наработки. Так как до поломки техники обычно предшествует поток отказов, хозяйство несет огромные убытки на их устранение и от простоев. В этих случаях до второго ремонта техника уже не может поработать до значения оптимальной наработки. В конечном счете, сокращаются сроки их службы.

Литература

1. Зиганшин Б.Г., Валиев А.Р., Хамидуллин Н.Н. Некоторые проблемы технического обеспечения АПК и перспективы его развития // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2008. – Т. 3. – № 2 (8). – С. 148-152.  
 2. Аладашвили И.К., Макарова О.И., Яруллин Ф.Ф. Сажеобразование при эксплуатации дизельного силового агрегата // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14. – № 2 (53).

– С. 83-87.

3. Хафизов К. А., Хафизов Р. Н. Энергетический метод оптимизации основных параметров тракторов // Вестник Казанского государственного аграрного университета – 2015. - № 1 (35). – С. 75 – 81.

4. Адигамов Н.Р., Шарифуллин С.Н., Славнин С.В. Перспективы плазменных технологий в восстановлении плунжерных пар топливных насосов высокого давления автотракторных дизельных двигателей // Вестник Казанского государственного аграрного университета – 2013. - № 1 (27). – С. 70 – 73.

5. Халиуллин Ф.Х., Медведев В.М., Матяшин А.В., Вахрамеев Д.А. Сравнительная оценка динамических характеристик энергетических установок с газодизельным циклом на газомоторном топливе // Инновации и инвестиции – 2018. – № 11. –С. 181-185

6. Валиев А.Р., Зиганшин Б.Г., Яхин С.М., Халиуллин Д.Т. Современные почвообрабатывающие машины Санкт-Петербург, 2016. (2-е издание, исправленное)

7. Influence of physical factors on viability of microorganisms for plant protection Sabirov R., Valiev A., Karimova L., Dmitriev A., Khaliullin D. В сборнике: Engineering for Rural Development 2019. С. 555-562.

8. Галиев И.Г., Хусаинов Р.К. Определение весомости технологических операций и уровня расхода ресурса агрегатов и систем трактора // Вестник Казанского ГАУ. – 2012. – № 3 (25). – С. 74-77.

9. Galiev I., Khafizov C., Adigamov N., Khusainov R. Increase of efficiency of tractors use in agricultural production // В сборнике: Engineering for Rural Development 17. Сеп. "17th International Scientific Conference Engineering for Rural Development, Proceedings" 2018. С. 373-377.

10. Бабаченко Л.А., Щукин А.Р. Оценка уровня эксплуатации тракторов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. –1985. –№1. –С.24-26.

11. Галиев И.Г., Зиганшин Б.Г., Абдрахманов Р.К., Хусаинов Р.К. Обоснование уровня дифференциации сельскохозяйственных работ по тракторам // Техника и оборудование для села. – 2017. – № 10. – С. 28-31.

12. Иофинов С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка. – М.: Колос, 1974. – 470 с.

13. Медведев В.М., Синицкий С.А. Математическая модель оценки динамических показателей двигателя МТА при неустановившейся нагрузке // Вестник Казанского государственного аграрного университета – 2019. - № 2 (53). – С. 106 – 110.

#### Сведения об авторах:

Хусаинов Раиль Камилевич – кандидат технических наук, доцент кафедры машин и оборудования в агробизнесе, e-mail: rail-1312@mail.ru.

Галиев Ильгиз Гакифович – доктор технических наук, профессор кафедры эксплуатации и ремонта машин, ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет, e-mail: drgali@mail.ru.

Габдрафиков Фаниль Закариевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Теплоэнергетика и физика», e-mail: Gabdrafikov@mail.ru.

ФГБОУ ФО «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа, Россия.

Мухаметзянов Динар Нафисович – аспирант кафедры эксплуатации и ремонта машин

Яруллин Фанис Фаридович – кандидат технических наук, e-mail: fanis4444@mail.ru;

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия.

## SUBSTANTIATION OF THE OPTIMAL LEVEL OF TRACTORS' OPERATION IN AGRICULTURAL PRODUCTION

**Khusainov R.K., Galiev I.G., Gabdrafikov F.Z., Mukhametzyanov D.N., Yarullin F.F.**

**Abstract.** The process of operation of tractors is inextricably linked with conditions that affect their performance. These conditions include operational, organizational and climatic conditions on the one hand and technical operation on the other, i.e. the technique is influenced by operating conditions. A comprehensive, dimensionless indicator of the operating conditions of tractors in agricultural production is the level of their operation. The level of operation of the tractor, this is the state of their operation on the farm, which is determined by the degree of implementation of measures for the technical operation of equipment and the percentage of tractors involved in labor-intensive processes when used for their intended purpose. The theoretical level of operation of the tractor can vary from 0 to 1. At the same time, 1- corresponds to the state of operation of the tractor, in which the resource consumption is minimal, i.e. the degree of implementation of the generalized factors of technical operation meets the requirements of State standard and the tractor performs work with the lowest resistivity; 0 - theoretical, corresponds to the state of operation of the tractor, in which the resource consumption is maximum, i.e. technical operation of the tractor is not performed and the tractor performs work with maximum resistivity. The article discusses the optimization of the level of operation of tractors, presents a methodology for optimizing this indicator and provides a calculation using the example of farms in the Republic of Tatarstan. Regularities of changes in unit costs for eliminating failures and downtime depending on the level of operation of tractors are obtained. Calculations are given to justify the optimal values of operating hours before repair, between repairs and operating hours before decommissioning, depending on various values of the level of operation of tractors.

**Key words:** optimization, operating level, operating conditions, resource consumption, increased efficiency, generalized factors, determining factors, unit costs.

#### References

1. Ziganshin B.G., Valiev A.R., Khamidullin N.N. Some problems of technical support of the agro-industrial complex and prospects for its development. [Nekotorye problemy tekhnicheskogo obespecheniya APK i perspektivy ego razvitiya]. // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – The Herald of Kazan State Agrarian University.* 2008. Vol. 3. № 2 (8). P. 148-152.

2. Aladashvili I.K., Makarova O.I., Yarullin F.F. Soot formation during the operation of a diesel power unit. [Sazheobrazovanie pri ekspluatatsii dizelnogo silovogo agregata]. // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo*

universiteta. – *The Herald of Kazan State Agrarian University* 2019. Vol. 14. № 2 (53). P. 83-87.

3. Khafizov K. A., Khafizov R. N. Energy method for optimizing the main parameters of tractors. [Energeticheskiy metod optimizatsii osnovnykh parametrov traktorov]. // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – The Herald of Kazan State Agrarian University* – Kazan, 2015. - № 1 (35). – P. 75 – 81.

4. Adigamov N.R., Sharifullin S.N., Slavnin S.V. Prospects for plasma technologies in the restoration of plunger pairs of high-pressure fuel pumps of automotive diesel engines. [Perspektivy plazmennyykh tekhnologiy v vosstanovlenii plunzhernyykh par toplivnykh nasosov vysokogo davleniya avtotraktornykh dizelnykh dvigateley]. // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – The Herald of Kazan State Agrarian University* – Kazan, 2013. - № 1 (27). – P. 70 – 73.

5. Khaliullin F.Kh., Medvedev V.M., Matyashin A.V., Vakhrameev D.A. A comparative assessment of the dynamic characteristics of power plants with a gas-diesel cycle using gas-engine fuel. [Srovnitel'naya otsenka dinamicheskikh kharakteristik energeticheskikh ustanovok s gazodizelnym tsiklom na gazomotornom toplive]. // *Innovatsii i investitsii. - Innovations and Investments*. – M.: Rusayns, 2018. № 11. – P. 181-185

6. Valiev A.R., Ziganshin B.G., Yakhin S.M., Khaliullin D.T. *Sovremennye pochvoobrabatyvayushchie mashiny*. [Modern tillage machines]. Sankt-Peterburg, 2016. (2-e izdanie, ispravlennoe).

7. Influence of physical factors on viability of microorganisms for plant protection. // Sabirov R., Valiev A., Karimova L., Dmitriev A., Khaliullin D. В сборнике: *Engineering for Rural Development 2019*. P. 555-562.

8. Galiev I.G., Khusainov R.K. Determination of the weight of technological operations and the level of resource consumption of aggregates and tractor systems. [Opredelenie vesomosti tekhnologicheskikh operatsiy i urovnya raskhoda resursa agregatov i sistem traktora]. // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – The Herald of Kazan State Agrarian University*. 2012. № 3 (25). P. 74-77.

9. Galiev I., Khafizov C., Adigamov N., Khusainov R. Increase of efficiency of tractors use in agricultural production // В сборнике: *Engineering for Rural Development 17. Сер. “17<sup>th</sup> International Scientific Conference Engineering for Rural Development, Proceedings” 2018*. P. 373-377.

10. Babachenko L.A., Schukin A.R. Assessment of the operation level of tractors. [Otsenka urovnya ekspluatatsii traktorov]. // *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva. - Mechanization and electrification of agriculture*. – 1985. – №1. – P. 24-26.

11. Galiev I.G., Ziganshin B.G., Abdrakhmanov R.K., Khusainov R.K. Justification of the differentiation level of agricultural work on tractors. [Obosnovanie urovnya differentsiatsii selskokhozyaystvennykh rabot po traktoram]. // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela. - Technique and equipment for the village*. 2017. № 10. P. 28-31.

12. Iofinov S.A. *Ekspluatatsiya mashinno-traktornogo parka*. [Operation of the machine and tractor fleet]. – M.: Kolos, 1974. – P. 470.

13. Medvedev V.M., Sinit'skiy S.A. Mathematical model for assessing the dynamic performance of the MTA engine under unsteady load. [Matematicheskaya model otsenki dinamicheskikh pokazateley dvigatelya MTA pri neustanovivshesya nagruzke]. // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – The Herald of Kazan State Agrarian University* – Kazan', 2019. - № 2 (53). – P. 106 – 110.

**Authors:**

Khusainov Rail Kamilevich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor of Machines and Equipment in Agribusiness Department, Kazan State Agrarian University, e-mail: rail-1312@mail.ru

Galiev Ilgiz Gakifovich – Doctor of Technical Sciences, Professor of Operation and Repair of Machines Department, Kazan State Agrarian University, e-mail: drgali@mail.ru

Gabdrarifov Fanil Zakariyevich – Doctor of Technical Sciences, Professor of Thermal Power and Physics Department, Bashkir State Agrarian University, e-mail: Gabdrarifov@mail.ru

Mukhametzyanov Dinar Nafisovich – post-graduate student of Operation and Repair of Machines Department

Yarullin Fanis Faridovich – Ph.D. of Technical Sciences, e-mail: fanis4444@mail.ru;

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.