

С. В. Мельников. – Текст: непосредственный // Земледельческая механика: сборник трудов. – Москва: Машиностроение, 1971. – Т. 8. – С. 270-281.

3. Ежи, К. Модернизация конструкции молоткового измельчителя для зерна / К. Ежи. – Текст: непосредственный // Агропанорама. – 2002. – № 2. – С. 16-19.

4. Садов, В. В. Теоретические предпосылки обоснования разрушения зернового материала разгонным диском в молотковой дробилке / В. В. Садов С. А. Сорокин. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 2 (172). – С. 156-161.

5. Садов, В. В. Обоснование параметров разгонного диска на дробилках с вертикальными валами / В. В. Садов, В. А. Садовая. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2009. – № 1 (51). – С. 43-46.

6. Rink R. Prawdopodobieństwo zderzenia się cząstek w przeciwbieżnych strumieniach mieszanin powietrza z materiałem. *Cement - Wapno - Gips*, 1974, 29 (41), s. 180-184.

7. Постникова, И. В. Расчет процесса измельчения частиц при их столкновении в противоточных струях / И. В. Постникова, В. Н. Блиничев, Я. Кравчик. – Текст: непосредственный // Czasopismo Techniczne. z. 2-M. – 2008. – S. 301-310.

References

1. Melnikov, S.V. Mekhanizatsiia i avtomatizatsiia zhivotnovodcheskikh ferm / S.V. Melnikov. – Leningrad: Kolos, 1978. – 560 s.

2. Melnikov S.V. Aerodinamicheskie issledovaniia molotkovykh kormodrobilok // Zemledelcheskaia mekhanika: Sb. tr. – Moskva: Mashinostroenie, 1971. – Т. 8. – S. 270-281.

3. Ezhi K. Modernizatsiia konstruksii molotkovogo izmelchitelia dlia zerna // Agropanorama. – 2002. – No. 2. – S. 16-19.

4. Sadov, V.V. Teoreticheskie predposylki obosnovaniia razrusheniia zernovogo materiala razgonnym diskom v molotkovoii drobilke / V.V. Sadov, S.A. Sorokin // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – No. 2 (172). – S. 156-161.

5. Sadov, V.V. Obosnovanie parametrov razgonnogo diska na drobilkakh s vertikalnymi valami / V.V. Sadov, V.A. Sadovaia // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2009. – No. 1 (51). – S. 43-46.

6. Rink R. Prawdopodobieństwo zderzenia się cząstek w przeciwbieżnych strumieniach mieszanin powietrza z materiałem. *Cement - Wapno - Gips*, 1974, 29 (41), s. 180-184.

7. Postnikova I.V., Blinichev V.N., Kravchik Ia. Raschet protsessa izmelcheniia chastits pri ikh stolknovenii v protivotochnykh struiakh // Czasopismo Techniczne. z. 2-M/2008. S. 301-310.



УДК 631.3.004.67

DOI: 10.53083/1996-4277-2022-209-3-86-93

С.Ю. Журавлев

S.Yu. Zhuravlev

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКТАЦИИ КОЛЕСНОГО 4К4 ТРАКТОРА НА ЕГО ТЯГОВО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

INFLUENCE OF A WHEELED 4K4 TRACTOR CONFIGURATION ON ITS TRACTION AND ENERGY

Ключевые слова: комплектация, трактор, двигатель постоянной мощности, переменная нагрузка, обработка почвы, тягово-энергетические показатели, эксплуатационная масса.

Цель работы – анализ влияния различных комплектаций (использование балластных грузов и сдвоенных колес) колесного 4К4Б трактора на его технико-экономические показатели с учетом воздействия пере-

менной внешней нагрузки. В ходе анализа результатов вычислительного эксперимента по вероятностной оценке параметров стендовой характеристики двигателя ЯМЗ-53625 трактора К-424 «Кировец» установлены следующие закономерности. В области номинального момента $M_{к.н.}$ при значении коэффициента вариации крутящего момента $v_M = 0,2$ недоиспользование (снижение) мощности дизеля N_e достигает почти 8%, т.е. от 171 до 158 кВт. В области стендовой характеристики,

соответствующей предельному крутящему моменту $M_{к.п.}$, расчетное снижение мощности N_e составит 7,4%. Удельный расход топлива \bar{g}_e на участке стеновой характеристики от момента $M_{к.н.}$ до области, соответствующей $M_{к.п.}$, практически не меняет своих значений. Комплектация трактора оказывает существенное влияние на его характеристику. Известно, что установка сдвоенных колес и вариация массой колесного трактора при помощи балластирования позволяют существенно улучшить параметры его тяговой характеристики. Тяговая мощность трактора К-424 в результате выбора оптимальной комплектации возрастает в среднем на 9% на различных передачах, при этом тяговый КПД трактора повышается на 7%. Эксплуатационная масса трактора $m_3 = 11042$ кг (комплектация 2К) является наиболее оптимальной при выполнении полевых работ (кроме вспашки) с учетом тяговых возможностей трактора. Воздействие переменной нагрузки на трактор с комплектацией 2К может привести к недоиспользованию тяговой мощности $N_{кр}$ в пределах 8-10%. Данное ухудшение мощностных показателей несколько ниже, чем при работе трактора на одинарных колесах, так как установка сдвоенных колес позволяет снизить коэффициент сопротивления качению f с 0,07 (одинарные колеса 1К) до 0,05, также снижается буксование δ . В результате тяговая характеристика трактора приобретает большую линейность и, соответственно, большую адаптированность к воздействию переменной нагрузки.

Keywords: configuration, tractor, constant power engine, variable load, tillage, traction-energy parameters, operating weight.

The research goal is to analyze the influence of various configurations (the use of ballast weights and twin wheels) of a 4K4b wheel tractor on its technical and economic indi-

ces taking into account the influence of the external load variable. During the analysis of the results of the computational experiment on the probabilistic evaluation of the parameters of the test-bench characteristic of the engine YaMZ-53625 of the tractor K-424 "Kirovets", certain patterns were determined. Regarding the rated torque $M_{к.н.}$, with a torque variation factor of $\nu_M = 0.2$, underutilization (reduction) of diesel power reaches almost 8%, i.e. from 171 kW to 158 kW. Regarding the test-bench performance corresponding to the limit torque $M_{к.п.}$, the design decrease in N_e power will be 7.4%. Specific fuel consumption \bar{g}_e in the test-bench characteristic section from the moment of $M_{к.н.}$ to the area corresponding to $M_{к.п.}$ practically does not change its values. The tractor configuration has a significant impact on its performance. It is known that the installation of twin wheels and the variation in the weight of the wheel tractor by ballasting make it possible to significantly improve the parameters of its traction characteristics. The traction power of the tractor K-424 by choosing the optimal configuration increases by an average of 9% in various gears while the traction efficiency of the tractor increases by 7%. The tractor operational weight $m_3 = 11042$ kg (configuration 2K) is the most optimum when performing field works (except plowing) taking into account traction potential of the tractor. The effect of variable load on a tractor with the 2K configuration may lead to underutilization of traction power $N_{кр}$ within 8-10%. This deterioration in power performance is slightly lower than when the tractor is operating on single wheels because the installation of twin wheels allows reducing the rolling resistance coefficient f from 0.07 (single wheels 1K) to 0.05, and slipping δ is also reduced. As a result, the traction characteristics of the tractor acquire greater linearity and, accordingly, greater adaptability to the effect of variable load.

Журавлев Сергей Юрьевич, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, г. Красноярск, Российская Федерация, e-mail: sergeig1961@mail.ru.

Zhuravlev Sergey Yurevich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk, Russian Federation, e-mail: sergeig1961@mail.ru.

Введение

Конструкция сельскохозяйственных тракторов с колесной схемой 4К4 включает в себя достаточно эффективные дизели постоянной мощности, которые в сочетании с агрегатами мехатронных трансмиссий позволяют значительно повысить показатели работы почвообрабатывающих агрегатов [1, 2]. При этом большой запас крутящего момента у дизеля трактора не исключает ухудшения выходных параметров его характеристики при воздействии колебаний момента сопротивления на коленчатом валу. Поэтому для установления наиболее рациональных тягово-энергетических показателей колес-

ных тракторов, используемых в составе мобильных почвообрабатывающих агрегатов, желательнее оценить степень воздействия входных переменных факторов на стеновую характеристику двигателя и тяговую характеристику трактора.

На обеспечение максимальной производительности почвообрабатывающего агрегата влияет использование оптимальной эксплуатационной массы трактора m_3 с учетом комплектаций 1К и 2К [3].

Целью работы является оценка влияния комплектации колесного 4К4б трактора на показатели его работы в составе почвообрабатыва-

ющих агрегатов с учетом воздействия переменной внешней нагрузки. В качестве объекта исследований рассматриваются стендовая характеристика двигателя и тяговая характеристика трактора «Кировец» К-424 с колесной схемой 4К46.

Задача исследований – установление степени влияния комплектации трактора балластными грузами и сдвоенными колесами на его технико-экономические показатели при воздействии случайной внешней нагрузки.

Материалы и методы исследований

Для оценки воздействия колебаний сопротивления почвы на тягово-энергетические параметры трактора, работающего в составе агрегата, желательно использовать их вероятностно-статистическую оценку, как случайные величины [4].

Степень недоиспользования эффективной мощности дизеля в условиях воздействия переменной нагрузки устанавливается с использованием зависимости [5]:

$$\bar{N}_e = f(M_k) = c^{-1} \left[\begin{aligned} &0,5(a \bar{M}_k + b \bar{M}_k^2 + b \sigma_M^2) + (a_1 \bar{M}_k + b_1 \bar{M}_k^2 + b_1 \sigma_M^2) \Phi(t_H) + \\ &+ (a_2 \bar{M}_k + b_2 \bar{M}_k^2 + b_2 \sigma_M^2) \Phi(t_{II}) - \sigma_M \{b_1 \phi(t_H) \bar{M}_k + b_2 \phi(t_{II}) \bar{M}_k\} \end{aligned} \right], \quad (1)$$

где \bar{N}_e – математическое ожидание эффективной мощности, кВт;

a_1, b_1, a, b, a_2, b_2 – постоянные коэффициенты, полученные при аппроксимации стендовой характеристики частоты вращения вала дизеля [5];

\bar{M}_k – текущее среднее значение крутящего момента на коленчатом валу, Н·м;

$\Phi(t_H)$ и $\Phi(t_{II})$ – интегральные функции для $Y = f(M_k)$;

$\phi(t_H)$ и $\phi(t_{II})$ – плотности распределения аргументов t_H и t_{II} ;

$$t_H = \frac{M_H - \bar{M}_k}{\sigma_M}, \quad t_{II} = \frac{M_{II} - \bar{M}_k}{\sigma_M};$$

σ_M – среднеквадратическое отклонение момента M_k , Н·м;

M_H, M_{II} – значения номинального и предельного крутящего момента дизеля ЯМЗ-53625, Н·м;
 $c^{-1} = 1/9554$.

Расчет степени недоиспользования тяговой мощности трактора выполнен с помощью следующего выражения [6]:

$$\bar{N}_{kp} = f(P_{kp}) = \left[\begin{aligned} &0,5(a \bar{P}_{kp} + b \bar{P}_{kp}^2 + b \sigma_P^2) + (a_1 \bar{P}_{kp} + b_1 \bar{P}_{kp}^2 + b_1 \sigma_P^2) \Phi(t_H) + \\ &+ (a_2 \bar{P}_{kp} + b_2 \bar{P}_{kp}^2 + b_2 \sigma_P^2) \Phi(t_{II}) - \sigma_P \{b_1 \phi(t_H) \bar{P}_{kp} + b_2 \phi(t_{II}) \bar{P}_{kp}\} \end{aligned} \right], \quad (2)$$

где \bar{N}_{kp} – математическое ожидание тяговой мощности, кВт;

a_1, b_1, a, b, a_2, b_2 – постоянные коэффициенты, полученные при аппроксимации тяговой характеристики скорости движения трактора [6];

\bar{P}_{kp} – текущее среднее значение тягового усилия трактора, кН;

$$t_{II} = \frac{(P_{kp.n} - \bar{P}_{kp})}{\sigma_P}; \quad t_H = \frac{P_{kp.H} - \bar{P}_{kp}}{\sigma_P};$$

σ_P – среднеквадратическое отклонение силы тяги трактора, кН;

$P_{kp.H}, P_{kp.II}, P_{kp.max}$ – номинальное, предельное и максимальные значения силы тяги трактора на данной передаче кН.

Влияние на часовой расход топлива двигателя колебаний нагрузки устанавливается с помощью следующего выражения [5]:

$$\bar{G}_T = 0,5(a^* + b^* \bar{M}_k) + (a_1^* + b_1^* \bar{M}_k) \Phi(t_H) + (a_2^* + b_2^* \bar{M}_k) \Phi(t_{II}) - \sigma_M \{b_1^* \phi(t_H) + b_2^* \phi(t_{II})\}, \quad (3)$$

где \bar{G}_T – математическое ожидание часового расхода топлива, кг/ч;

$a_1^*, b_1^*, a_2^*, b_2^*, a^*, b^*$ – постоянные коэффициенты, полученные при аппроксимации стеновой характеристики часового расхода топлива [5].

Воздействие колебательных процессов на тяговую характеристику часового расхода топлива оценивается с помощью следующей аналитической зависимости [6]:

$$\bar{G}_T = 0,5(a^* + b^* \bar{P}_{kp}) + (a_1^* + b_1^* \bar{P}_{kp}) \Phi(t_n) + (a_2^* + b_2^* \bar{P}_{kp}) \Phi(t_{II}) - \sigma_p \{(b_1^* \phi(t_n) + b_2^* \phi(t_{II}))\}, \quad (4)$$

где \bar{G}_T – математическое ожидание часового расхода топлива на данной передаче; кг/ч;

$a_1^*, b_1^*, a_2^*, b_2^*, a^*, b^*$ – постоянные коэффициенты [6].

Математические ожидания удельного расхода топлива \bar{g}_e дизеля и удельного тягового расхода топлива $\bar{g}_{кр}$ на различных режимах тяговой характеристики трактора рассчитываются с помощью формул:

$$\bar{g}_e = 10^3 \bar{G}_T / \bar{N}_e; \quad (5)$$

$$\bar{g}_{кр} = 10^3 \bar{G}_T / \bar{N}_{кр}. \quad (6)$$

Результаты расчета тягово-энергетических показателей трактора К-424 представлены на рисунках 1-3.

Величина оптимальной эксплуатационной массы m_3^* трактора с различной комплектацией рассчитывается по формуле [3]:

$$m_3^* = m_{уд}^* \cdot N_{еэ} \cdot \xi_N^*, \quad (7)$$

где $m_{уд}^*$ – величина оптимальной удельной массы трактора для различных групп операций почвообработки [7], кг/кВт;

$N_{еэ}$ – эффективная мощность двигателя трактора, кВт;

ξ_N^* – оптимальная загрузки дизеля.

Значения удельной массы $m_{уд}^*$ рассчитываем по формуле [7]:

$$m_{уд}^* = (\eta_T \cdot 10^3) / (g \cdot \varphi_{кр}^* \cdot V_H^*), \quad (8)$$

где V_H^* – номинальная скорость движения агрегата для различных групп почвообрабатывающих операций, м/с;

η_T – тяговый КПД трактора;

$\varphi_{кр}^*$ – оптимальное значение коэффициента сцепления;

g – ускорение силы тяжести.

Степень буксования δ движителей тракторов 4К46 (на одинарных и сдвоенных колесах) определяется с помощью выражений [7, 8]:

- комплектация 1К (одинарные колеса):

$$\delta = (a \cdot \varphi_{кр}) / (b - \varphi_{кр}); \quad (9)$$

- комплектация 2К (сдвоенные колеса):

$$\delta = \frac{a \cdot (\varphi_{кр} - d)}{b - \varphi_{кр} + d}, \quad (10)$$

где $\varphi_{кр}$ – коэффициент сцепления; коэффициенты $a = 0,11$, $b = 0,773$, $d = 0,04$.

Зависимость $\varphi_{кр}$ от величины массы трактора m_3 определяется по соотношению:

$$\varphi_{кр} = P_{кр} / (m_3 \cdot g \cdot \lambda_k), \quad (11)$$

где $P_{кр}$ – тяговое усилие на крюке трактора, кН;

$\lambda_k = 1$.

Тяговый КПД трактора при различных значениях $\varphi_{кр}$ рассчитывается:

$$\eta_T = \eta_{тр} \cdot (1 - \delta) \frac{\varphi_{кр}}{(\varphi_{кр} + f)}. \quad (12)$$

Тяговое усилие на крюке:

$$P_{кр} = m_3^* \cdot g \cdot \varphi_{кр} \cdot 10^{-3}, \quad (13)$$

где f – коэффициент сопротивления качению (1К - $f = 0,07$, 2К - $f = 0,05$).

Результаты расчета η_T и буксования δ трактора с комплектациями 1К и 2К представлены на рисунке 4.

Результаты исследований

По результатам вычислительного эксперимента установлено, что применение сдвоенных колес позволит за счет снижения буксования δ и сопротивления перекачиванию f (рис. 4) увеличить тяговый КПД η_T трактора К-424 на 7%. Благодаря снижению воздействия отмеченных факторов на трактор тяговая мощность $N_{кр}$ возрастает на 10 кВт, удельный расход топлива $g_{кр}$ в режиме максимальной загрузки снижается на 30 г/кВт·ч.

Масса трактора $m_3 = 10276$ кг с базовыми, одинарными колесами при его работе в составе различных почвообрабатывающих агрегатов наиболее оптимальна, что подтверждают расчетные значения минимума потерь мощности и расхода топлива.

При установке сдвоенных колес наиболее оптимальной для трактора К-424 будет эксплуатационная масса $m_3 = 11042$ кг, так как с этой

комплектацией по данным расчетов трактор будет иметь максимальную тяговую мощность и минимальный удельный расход топлива по сравнению с комплектацией 1К.

Анализ расчетных данных по оценке влияния колебаний крутящего момента на параметры работы дизеля ЯМЗ-53625 (результаты расчетов на рисунке 1) позволил сделать следующие выводы.

При воздействии колебаний крутящего момента M_k , соответствующих коэффициенту вариации $v_M = 0-0,2$, недоиспользование эффективной мощности двигателя в области номинального значения крутящего момента $M_{к.н.}$ до-

стигает почти 8%, т.е. 13 кВт. Основной причиной снижения мощности является деформация стеновой характеристики дизеля в области, расположенной между номинальным значением $M_{к.н.}$ и предельным крутящим моментом $M_{к.п.}$. В области стеновой характеристики, соответствующей $M_{к.п.}$, мощность дизеля при значении коэффициента $v_M = 0,2$ (основная обработка почвы) снижается на 12,5 кВт. При этом удельный расход топлива \bar{g}_e на различных рабочих режимах дизеля практически не меняет своих значений и соответствует стеновой характеристике.

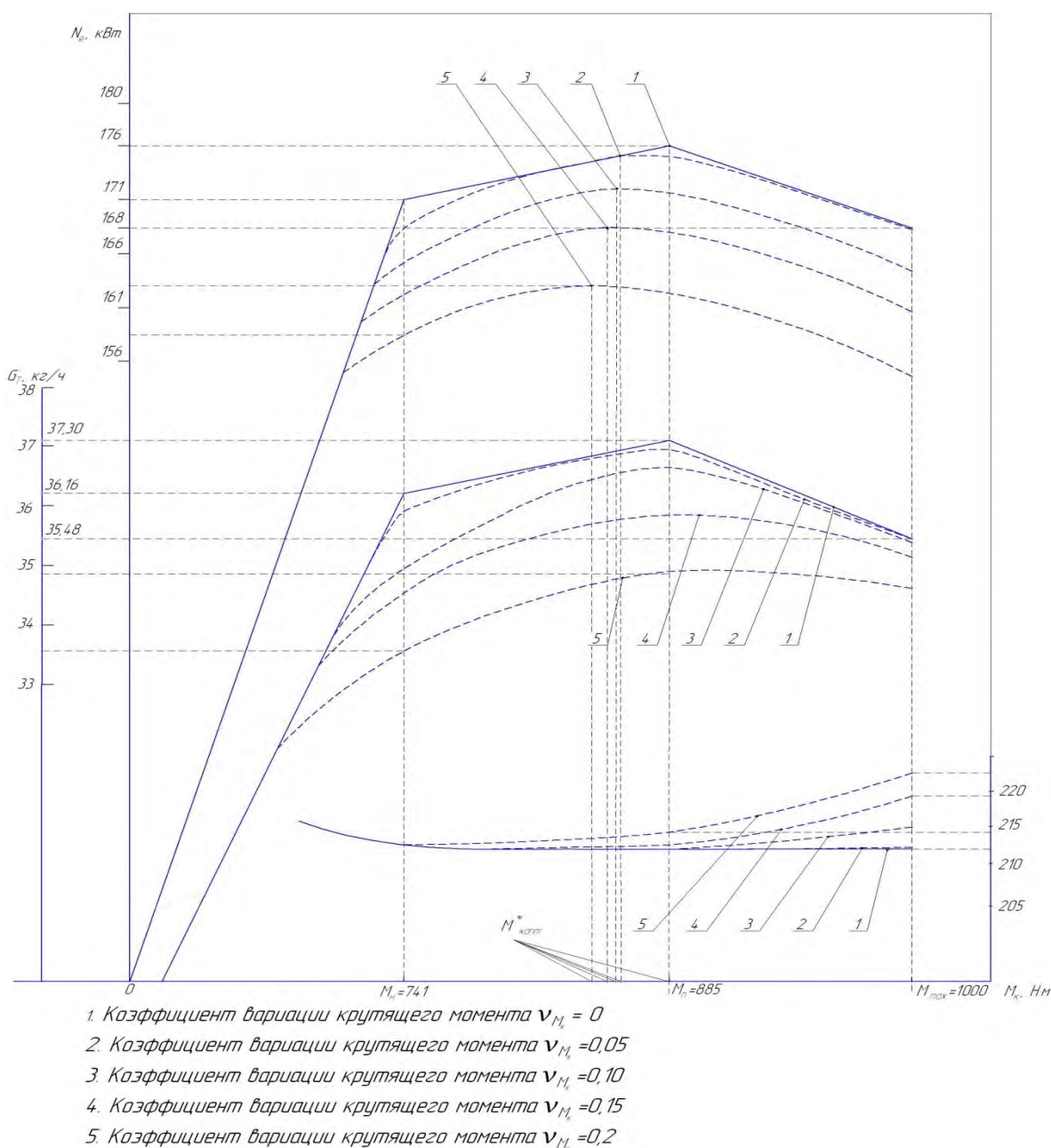


Рис. 1. Результаты вероятностно-статистической оценки стеновой характеристики дизеля ЯМЗ-53625

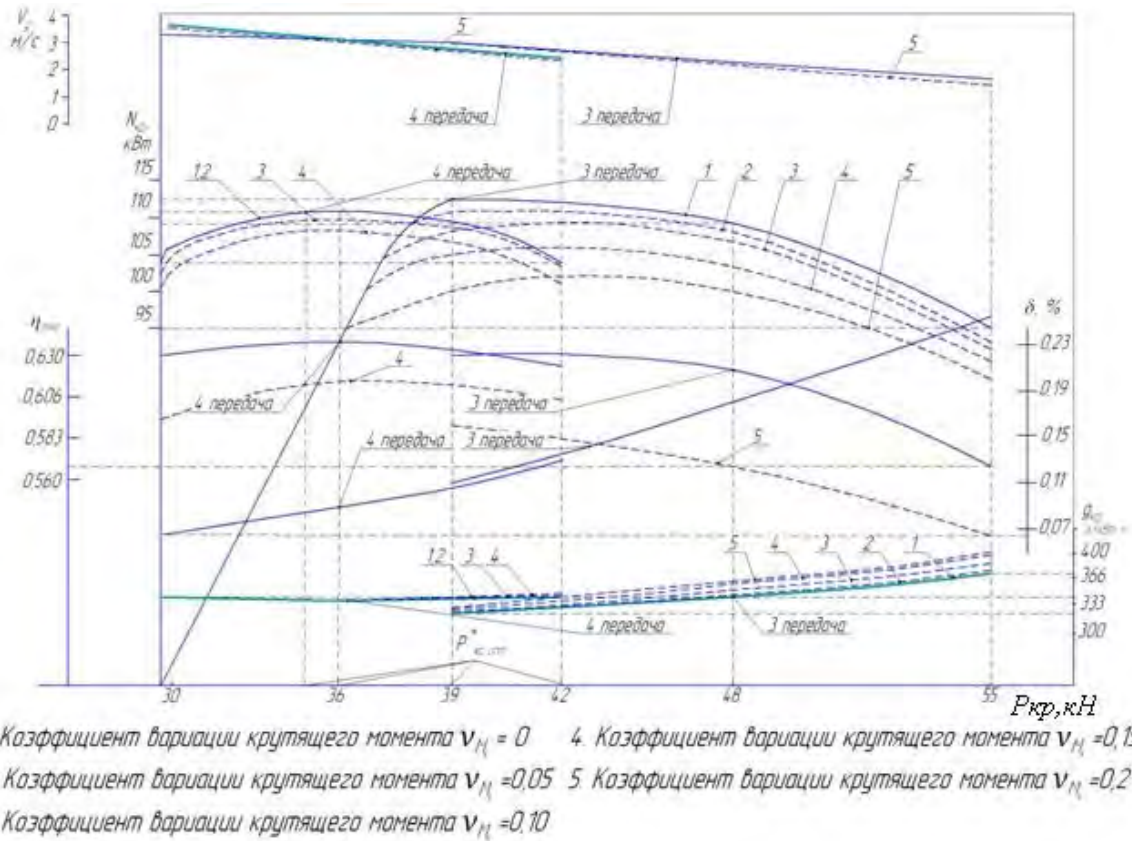


Рис. 2. Результаты вероятностно-статистической оценки тяговой характеристики трактора К-424 ($m_3^* = 10276$ кг, комплектация 1К, сила тяги, соответствующая оптимальному тяговому режиму)

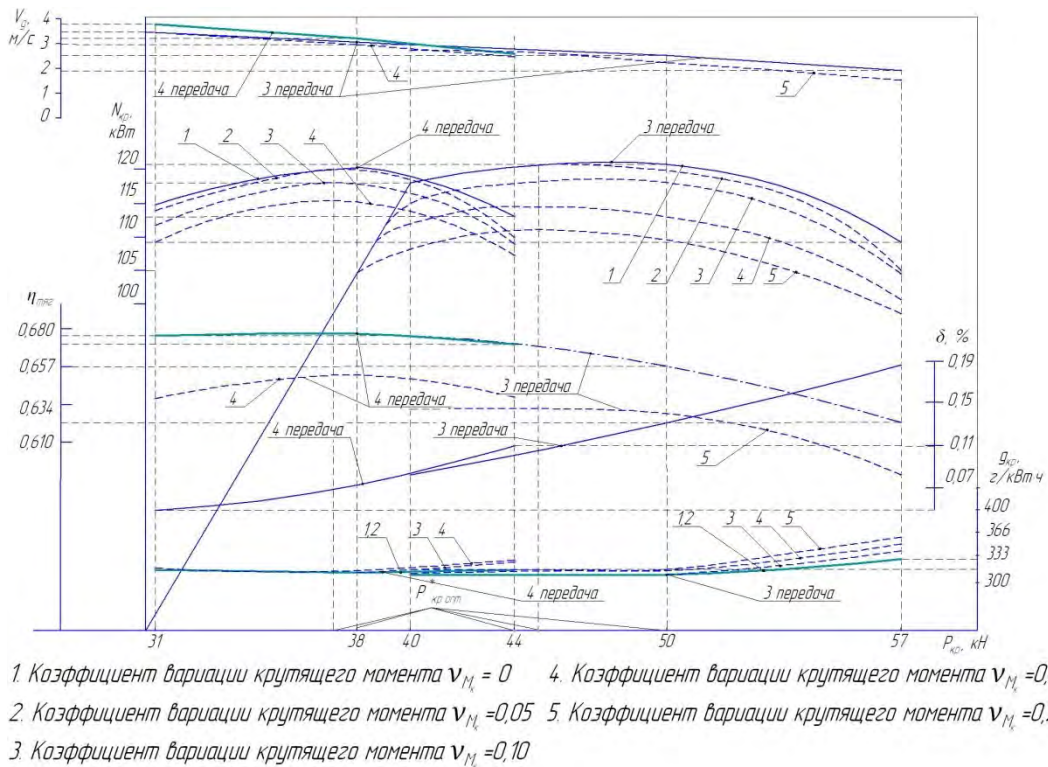


Рис. 3. Результаты вероятностно-статистической оценки тяговой характеристики трактора К-424 ($m_3^* = 11042$ кг, комплектация 2К)

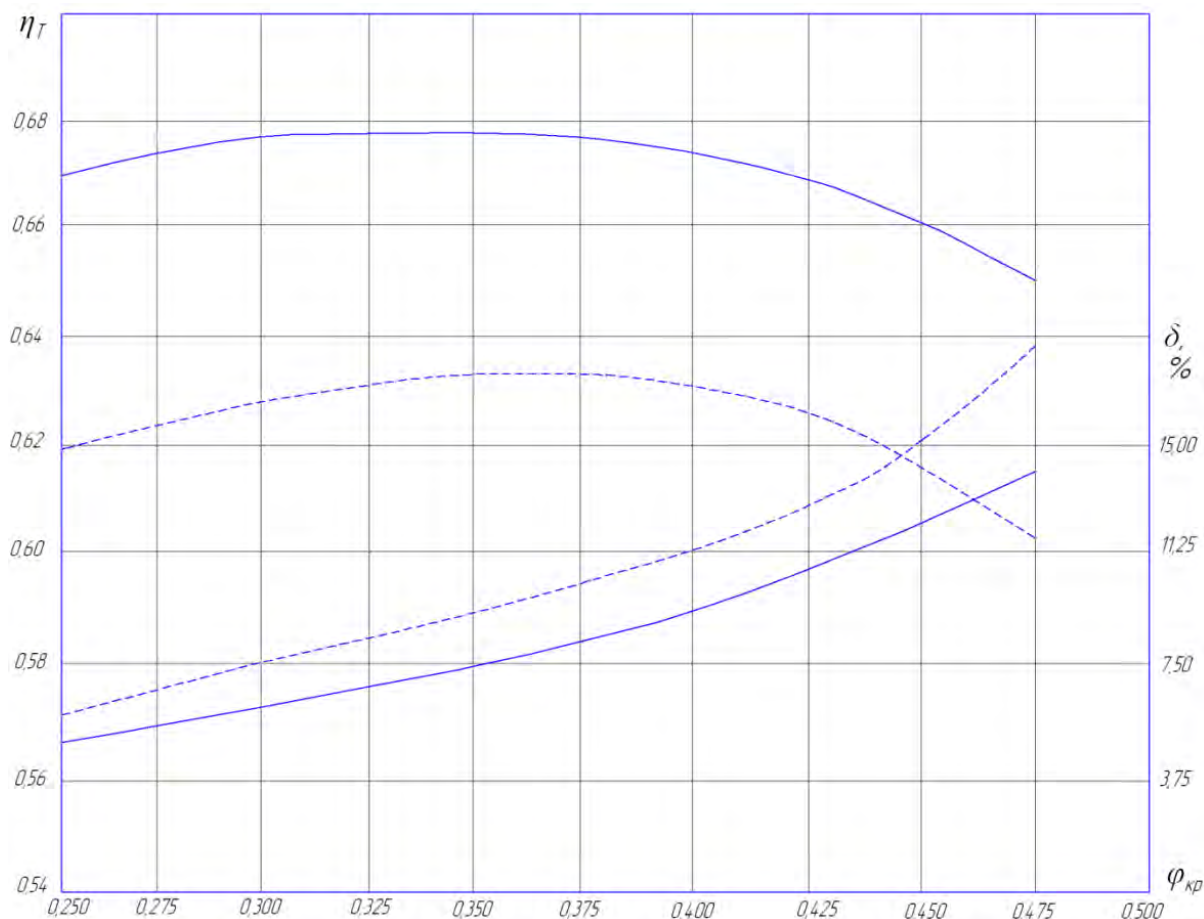


Рис. 4. Значения тягового КПД и величины буксования трактора К-424 в зависимости от $\varphi_{кр}$:
 _____ - 2К, - - - - - 1К

Запас крутящего момента K_M у двигателя ЯМЗ-53625 невысокий, он, в соответствии с технической характеристикой завода-производителя, равен 35%. Современные тракторные дизели могут иметь запас крутящего момента в пределах 40-60%. Однако при величине коэффициента приспособляемости, равном 1,35, дизель трактора достаточно эффективно поддерживает постоянную мощность в области значений частоты вращения коленчатого вала n_d от 2200 до 1600 мин.⁻¹.

Оптимальные нагрузочные режимы дизеля $\lambda_{оп}$ расположены в области значений крутящего момента $M_k = 846-885$ Н·м, иначе говоря, оптимальная степень загрузки дизеля составляет 0,96-0,974.

По результатам вероятностно-статистической оценки тяговой характеристики трактора К-424 (рис. 2, 3) можно отметить следующие закономерности.

При вероятностном характере внешних воздействий на трактор снижение мощности $N_{кр}$ в

режиме максимальной загрузки трактора с комплектацией 2К составляет 9%. Для базовой комплектации 1К расчетная тяговая мощность снизится на 10-10,5%. Потери мощности $N_{кр}$ у трактора с комплектацией 2К уменьшаются, благодаря снижению коэффициента буксования трактора f с 0,07 на одинарных колесах до 0,05 на сдвоенных колесах. За счет этого уменьшается нелинейность тяговой характеристики в области основных режимов работы трактора и, соответственно, увеличивается её адаптированность к негативному воздействию колебаний силы тяги.

Установлено, что за счет буксования двигателей трактора предельная сила тяги $P_{кр.п}$, соответствующая крутящему моменту $M_{кр.п} = 885-900$ Нм, частично смещается в результате деформации тяговой характеристики в область номинальной силы тяги $P_{кр.н}$. Максимум тяговой мощности трактора также смещен влево. Колебания нагрузки на трактор увеличивают это смещение, поэтому оптимальные нагрузочные режимы работы почвообрабатывающих аг-

регатов с трактором К-424 для различных групп операций почвообработки расположены в области $P_{кр.опт}^* = 0,81-0,9$. Тяговый КПД трактора в области оптимальной загрузки λ_P^* снижается на 9,5%.

Выводы

1. Моделирование условий использования мобильных агрегатов с трактором К-424 показало, что применение балластных грузов и двоящих колес обеспечивает наибольшую эффективность применения 4К46 трактора в составе почвообрабатывающих агрегатов.

2. Анализ результатов вычислительного эксперимента по оценке воздействия колебаний внешней нагрузки на характеристику трактора К-424 показал, что при запасе крутящего момента у двигателя в 35% данный трактор достаточно эффективно преодолевает негативное воздействие колебаний нагрузки на крюке.

Библиографический список

1. Парфенов, А. П. Тенденции развития конструкций сельскохозяйственных тракторов / А. П. Парфенов. – Текст: непосредственный // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 5. – С. 42-47.
2. Mößmer, A. Großtraktoren: Die schwersten und stärksten Schlepper. GeraMond Verlag, 2011. – 144 s.
3. Селиванов, Н. И. Эксплуатационные параметры колесных тракторов высокой мощности / Н. И. Селиванов. – Текст: непосредственный // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2014. – № 3. – С. 176-184.
4. Агеев, Л. Е. Эксплуатация энергонасыщенных тракторов / Л. Е. Агеев, С. Х. Бахриев. – Москва: Агрпромиздат, 1991. – 271 с. – Текст: непосредственный.
5. Журавлев, С.Ю. Минимизация энергозатрат при использовании машинно-тракторных агрегатов: монография / С. Ю. Журавлев; Красноярск. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2014. – 256 с. – Текст: непосредственный.
6. Журавлев, С. Ю. Оценка эффективности функционирования мобильных сельскохозяйственных агрегатов с использованием тяговой характеристики трактора / С. Ю. Журавлев. –

Текст: непосредственный // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2011. – № 9. – С. 146-151.

7. Селиванов, Н. И. Технологическая адаптация колесных тракторов / Н. И. Селиванов; Краснояр. гос. ун-т. – Красноярск, 2017. – 216 с. – Текст: непосредственный.

8. Селиванов, Н. И. Адаптация параметров колесного трактора к зональным технологиям почвообработки / Н. И. Селиванов, С. Ю. Журавлев. – Текст: непосредственный // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4. – С. 116-120.

References

1. Parfenov, A.P. Tendentsii razvitiia konstruktsii selskokhoziaistvennykh traktorov / A.P. Parfenov // Traktory i selkhoz mashiny. – 2015. – No. 5. – S. 42-47.
2. Mößmer, A. Großtraktoren: Die schwersten und stärksten Schlepper. GeraMond Verlag, 2011. – 144 s.
3. Selivanov N.I. Ekspluatatsionnye parametry kolesnykh traktorov vysokoi moshchnosti // Vestnik Krasnoiarского GAU. – 2014. – No. 3. – S. 176-184.
4. Ageev L.E. Ekspluatatsiia energonasyshchennykh traktorov / L.E. Ageev, S.Kh. Bakhriev. – Moskva: Agropromizdat, 1991. – 271 s.
5. Zhuravlev S.Iu. Minimizatsiia energozatrat pri ispolzovanii mashinno-traktornykh agregatov: monografiia / S.Iu. Zhuravlev. – Krasnoiarск, 2013. – 256 s.
6. Zhuravlev S.Iu. Otsenka effektivnosti funktsionirovaniia mobilnykh selskokhoziaistvennykh agregatov s ispolzovaniem tiagovoi kharakteristiki traktora // Vestnik Krasnoiarского GAU. – 2011. – No. 9. – S. 146-151.
7. Selivanov N.I. Tekhnologicheskaiia adaptatsiia kolesnykh traktorov / N.I. Selivanov. – Krasnoiarск, 2017. – 216 s.
8. Selivanov N.I., Zhuravlev S.Iu. Adaptatsiia parametrov kolesnogo traktora k zonalnym tekhnologiiam pochvoobrabotki // Vestnik Krasnoiarского GAU. – 2018. – No. 4. – S. 116-120.

