

Певнев Николай Гаврилович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей», ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: pevnnev_ng@sibadi.org).

Залознов Алексей Васильевич Россия, г. Омск) – аспирант кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей», ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: avz@sotmotors.ru).

Pevnev Nicolay Gavrilovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor. Department «Maintenance and repair of vehicles», The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira, 5, e-mail: pevnnev_ng@sibadi.org).

Zaloznov Alexei Vasil'evich (Russian Federation, Omsk) – postgraduate student. Department «Maintenance and repair of vehicles», The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira, 5, e-mail: avz@sotmotors.ru).

УДК 62-543.4

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ С РАЗЛИЧНЫМИ УРОВНЯМИ НОМИНАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ

П.А. Сенькин

Омский автобронетанковый инженерный институт, Россия, г. Омск.

Аннотация. Рассматриваются вопросы сравнительного математического моделирования динамических и топливно-экономических показателей гусеничной машины при оборудовании ее силовой установкой с различными уровнями номинальной мощности и условиями протекания внешней скоростной характеристики. Полученные результаты показывают целесообразность перевода двигателя на дополнительный – «пониженный» уровень номинальной мощности по показателю более полного использования энергетических возможностей силовой установки. Что в свою очередь обеспечит улучшение топливной экономичности и условий работы водителя, связанного со снижением количества переключений передач.

Ключевые слова: гусеничная машина, мощность, загрузка, силовая установка, моделирование.

Введение

Начиная с 1960-х годов, энергонасыщенность сельскохозяйственной и другой техники, определяемая соотношением эксплуатационной мощности двигателя и массы объекта, непрерывно повышалась. Тенденция роста единичной мощности гусеничных машин и увеличение рабочих скоростей движения сохраняется как в нашей стране, так и за рубежом.

Однако установлено, что с ростом энергонасыщенности машин степень использования их энергетических возможностей, обусловленная снижением загрузки силовой установки (СУ), уменьшается.

Низкая загрузка СУ машины, прежде всего, является следствием ограничения скорости движения машин, как правило, вызванного интенсивным изменением дорожно-грунтовых условий (ДГУ), в которых применяется объект, его техническим состоянием, квалификацией водителя, а так же выполняемой задачи-операции. Результаты исследований, показывают, что движение гусеничных машин с относительно полным использованием

энергетических возможностей СУ в ходе их эксплуатации не превышает 30% общего времени движения [1].

Снижение эффективности работы СУ в условиях эксплуатации обусловлено тем обстоятельством, что эффективные показатели наиболее высокими оказываются при работе на относительно больших, причем постоянных нагрузках. С уменьшением нагрузки на двигатель, а так же при переходе на неуставившиеся режимы они заметно ухудшаются.

Очевидно, что решение выявленной проблемы могло бы заключаться в регулировании уровня номинальной мощности СУ машины в зависимости от выполняемой задачи-операции (при выполнении более энергоемких операций применять повышенный уровень «штатный» менее энергоемкие «пониженный»). Результатом данного «гибкого» регулирования явилась бы более полное использование энергетических возможностей машины. Однако, снижение уровня мощности приведет к пропорциональному снижению крутящего момента, что при движении

машины в сложных ДГУ снизит возможности двигателя по преодолению перегрузок. Увеличение коэффициента приспособляемости K_M до уровня реализации двигателем характеристики постоянной мощности (ХПМ) приводит к стабилизации режима работы двигателя и росту его загрузки. Указанное обеспечивает определенную компенсацию ухудшения производительности и эффективности объекта в целом при снижении мощности СУ.

Программа для моделирования динамических показателей гусеничной машины с двигателем постоянной мощности

Для исследования динамических показателей машины с различными уровнями форсирования СУ разработана математическая модель. Математическая модель представляет собой систему дифференциальных и алгебраических уравнений. Для удобства исследования системы уравнений и проведения компьютерных экспериментов разработана компьютерная программа «Программа для моделирования динамических показателей гусеничной машины с двигателем постоянной мощности» на языке Object Pascal в интегрированной среде программирования Borland Delphi 7.0, рисунок 1.

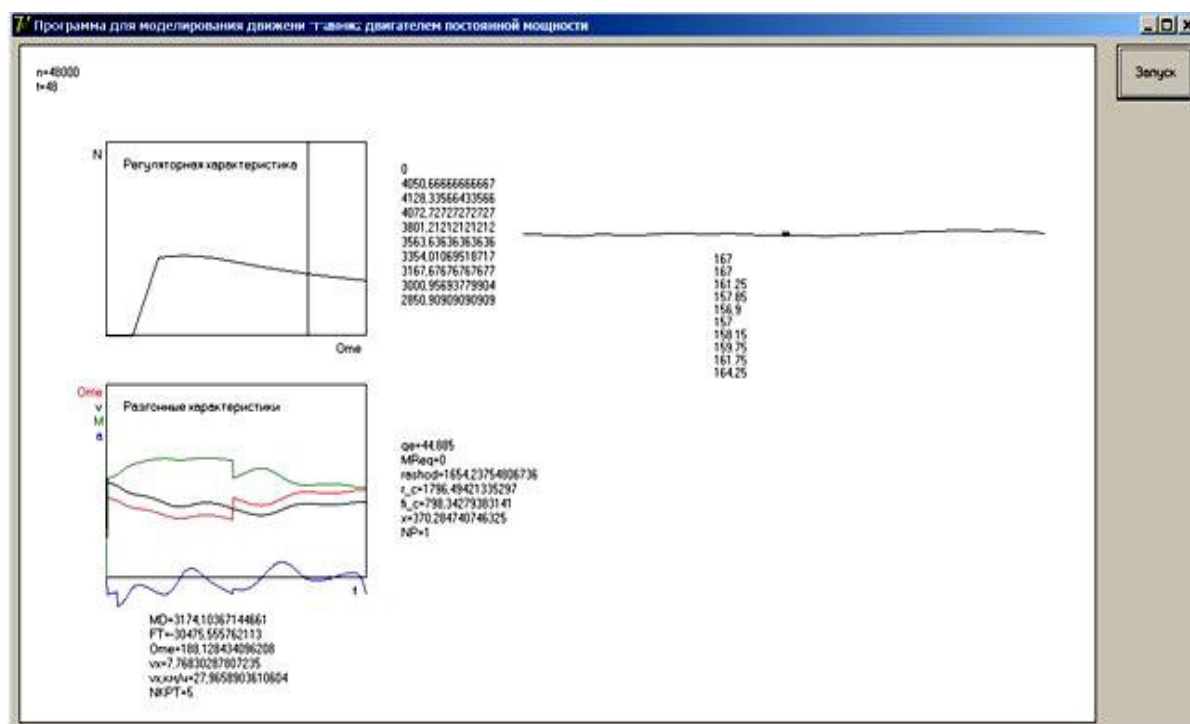


Рис. 1. Вывод результатов моделирования в «Программе для моделирования динамических показателей гусеничной машины с двигателем постоянной мощности» [2]

Программа предназначена для моделирования процесса движения гусеничной машины, оснащенной СУ с различными свойствами.

В тексте программы задаются физические параметры машины, передаточные отношения коробки передач, регуляторная характеристика двигателя (либо серийного, либо дефорсированного до режима ХПМ). В ходе работы программы на экран компьютера

выводятся регуляторная характеристика двигателя и разгонные характеристики объекта его использования, текущие значения скорости движения и расхода топлива.

На рисунке 2 и 3 изображены результаты моделирования разгона машины с СУ типа В-2 мощностью 735 кВт на «штатном» уровне и 588 кВт на «пониженном», массой 50 тонн, по сухой грунтовой дороге с места до скорости 65 км/ч.

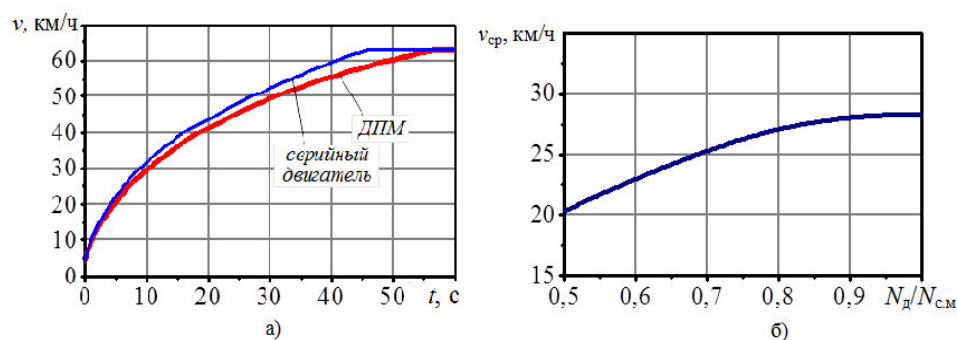


Рис. 2. Динамические показатели гусеничной машины с деформированным до ДПМ и серийным двигателем: а) разгон гусеничной машины по сухой грунтовой дороге; б) закономерности изменения средней скорости машины от уровня мощности силовой установки

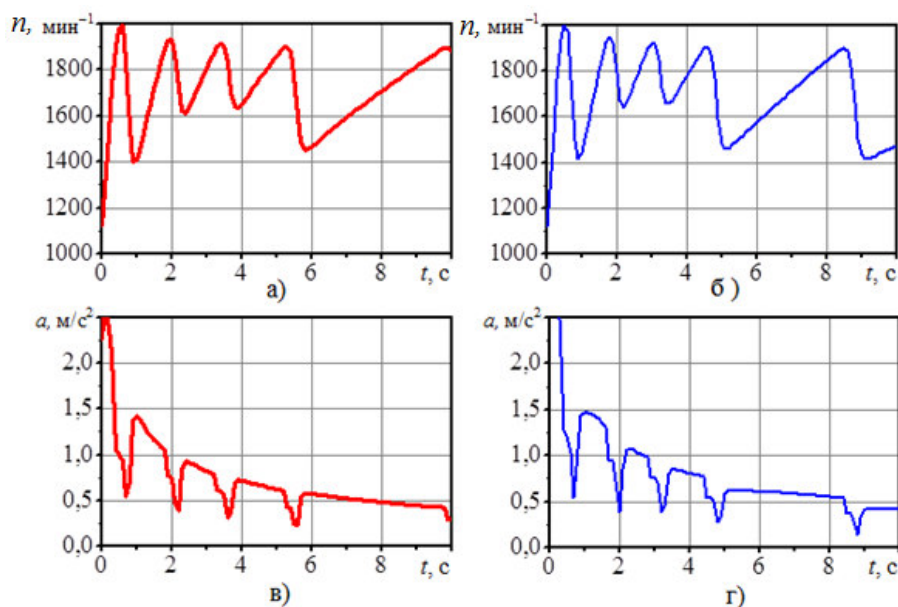


Рис. 3. Изменение с течением времени частоты вращения коленчатого вала n (а, б), и ускорения гусеничной машины: а (в, е) при разгоне по сухой грунтовой дороге с серийным (б, г) и деформированным (а, в) до ДПМ двигателем

Анализ полученных данных показывает некоторое (до 10%) снижение динамических (разгонных) показателей объекта при работе на пониженном уровне мощности относительно серийной настройки, рисунок 2 (а). Так же отмечается уменьшение средней скорости движения машины пропорционально с уровнем деформирования СУ $N_d/N_{с.м.}$.

Анализ результатов моделирования влияния уровня $N_d/N_{с.м.}$ на количество переключений передаточных N_n и расход топлива на один километр $g_{е.уд}$ при движении по всей совокупности ДГУ показал выраженное преимущество деформированного двигателя по данным показателям (рис. 4).

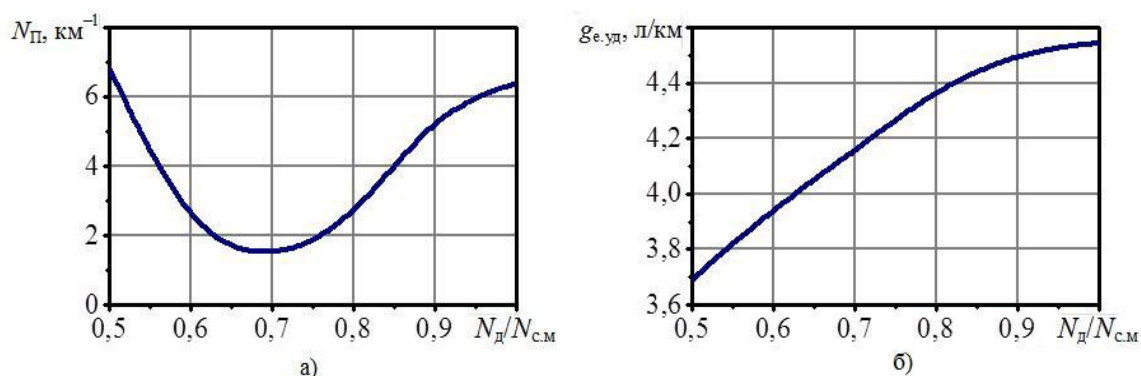


Рис. 4. Влияние уровня деформирования N_d/N_{cm} на количество N_p переключений передач на 1 км (а); расход топлива на один километр $g_{e,ud}$ (б)

Анализ представленных на рисунке 5 результатов показывает, что эффект от использования двигателя на пониженном уровне мощности более выражен при усложнении рельефа ДГУ. Параметры дорожно-грунтовых условий представлены в таблице 1. Так, использование СУ на пониженном уровне мощности позволяет

снизить на 20 – 40 % количество переключений передач при движении машины по сложному рельефу, рисунок 5(а). При этом снижаются требования к регулирующим свойствам трансмиссии и создаются условия для улучшения качества работы водителя.

Таблица 1 – Группы дорожно-грунтовых условий

Группа дорожных условий	Грунт	Значения коэффициентов			
		$f_{гр}$ (коэффициент сопротивления движению) со стороны грунта	$m_s(f_{гр})$ математическое ожидание удельной силы сопротивления грунта	$D(\alpha)$, рад дисперсия углов наклона местности	σ_R , 1/м среднее квадратичное отклонение кривизны пути
ДГУ-1	Асфальт	0,0100-0,0200	0,0150	$7,08 \cdot 10^{-4}$	0,0254
ДГУ-2	Сухая грунтовая дорога	0,0200-0,0500	0,0350	$11,56 \cdot 10^{-4}$	0,0254
ДГУ-3	Песок, снег, и пр.	0,0250-0,1500	0,0875	$15,84 \cdot 10^{-4}$	0,0437
ДГУ-4	Болото низинное	0,040-0,300	0,1700	$38,69 \cdot 10^{-4}$	0,4370

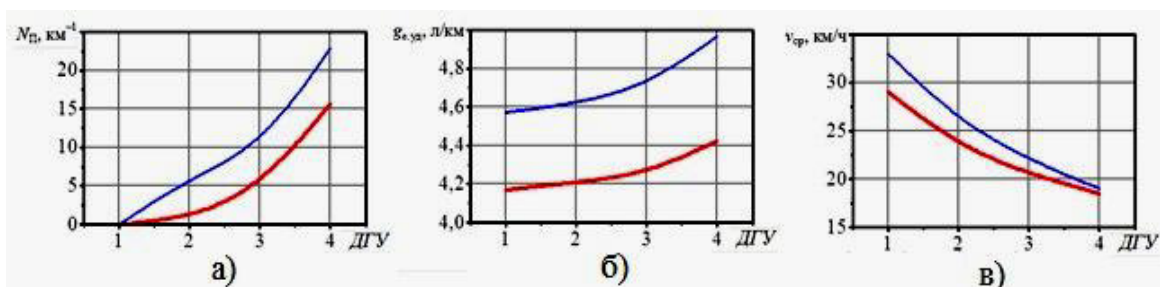


Рис. 5. Влияние группы дорожных условий ДГУ на количество N_p переключений передач на 1 км (а); расход топлива на один километр $g_{e,ud}$ (б); среднюю скорость v_{cp} (в). Тонкая синяя линия – серийный двигатель; толстая красная линия – двигатель постоянной мощности

Наблюдается явное преимущество использования гусеничной машины на пониженном уровне мощности по топливной экономичности, рисунок 5 (б). Моделированием установлено улучшение эффективного расхода топлива дефорсированной СУ объекта на 7-10 % относительного серийной регулировки двигателя.

Рисунок 5 (в) иллюстрирует закономерность, заключающуюся в приближении характеристик СУ на пониженном уровне мощности к показателям СД очевидно связанной с повышенным коэффициентом приспособляемости ДПМ, равном $K_M = 1,4$, что создает предпосылки к более легкому преодолению внешних возмущений, связанные с увеличением сложности ДГУ.

Вывод

Таким образом, полученные результаты показывают целесообразность перевода двигателя на дополнительный – «пониженный» уровень номинальной мощности по показателю более полного использования энергетических возможностей силовой установки. Что в свою очередь обеспечит улучшение топливной экономичности и условий работы водителя, связанного со снижением количества переключений передач.

Библиографический список

1. Кутков, Г.М. Удельная конструкционная масса сельскохозяйственного трактора как показатель его технического уровня / Г.М. Кутков, А.П. Порфенов // Тракторы и сельхозмашины. – 1987. – № 2. – С. 12-14.
2. Программа моделирования динамических показателей гусеничной машины с двигателем постоянной мощности: Д.В. Шабалин, В.С. Кулис. - Свидетельство о государственной регистрации программы на ЭВМ №2016610392. Оpubl. 11.01.2016.

MODELING TECHNIQUE OF MOVING A TRACK VEHICLE WITH VARIOUS NOMINAL RATING POWER LEVELS

P.A. Senkin

Abstract. In article are considered questions of comparative mathematical modeling dynamic and fuel-economic factors of the caterpillar machine when equipping her power installation with different level of the nominal power and condition протекания external speed feature. The Got results show practicability of the translation of the engine on additional - "lowered" level to nominal power on factor more full use the energy possibilities of the power installation. That will in turn provide the improvement to fuel economy and conditions of the functioning (working) the driver, connected with reduction amount gearshifts.

Keywords: track-laying vehicle, capability, loading, power plant, model analysis.

References

1. Kut'kov G.M., Porfenov A.P. Udel'naja konstrukcionnaja massa sel'skhozajstvennogo traktora kak pokazatel' ego tehničeskogo urovnja [Specific constructional mass of the agricultural tractor as indicator of his technological level]. *Traktory i sel'hozmashiny*, 1987, no 2. pp. 12-14.
 2. Shabalin D.V., Kukis V.S. *Programma modelirovanija dinamicheskikh pokazatelej gusenichnoj mashiny s dvigatelem postojannoju moshhnosti* [The Program of modeling of the dynamic factors of the caterpillar machine with engine of the constant power]. *Programmy na JeVM no 2016610392*. Opubl. 11.01.2016.
- Сенькин Петр Александрович (Россия, г. Омск) – адъюнкт Омского автобронетанкового инженерного института (644098, г. Омск, 14 в/з, senkinpetr@mail.ru).
- Senkin Petr Aleksandrovich (Russian Federation, Omsk) – postgraduate student of the Omsk Tank-Automotive Engineering Institute (644098, Omsk, 14 m/t, senkinpetr@mail.ru).

УДК 656.073.8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОМИНАНТНЫХ ФАКТОРОВ СОХРАННОСТИ ГРУЗА НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

О.Ю. Смирнова¹, К.К. Стоян²,

¹Уральский государственный университет путей сообщения, филиал в г. Тюмени, Россия, г. Тюмень

²Тюменский индустриальный университет, Россия, г. Тюмень.

Аннотация. Сохранность груза в процессе перевозки – это основная обязанность перевозчика. Увеличение уровня сохранности груза при перевозке напрямую связано с