

# МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ С СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ ПОСТОЯННОЙ МОЩНОСТИ

Дира С.А. Email: Dira1143@scientifictext.ru

Дира Сергей Александрович – дежурный инженер,  
войсковая часть 03908,  
Вооруженные Силы Российской Федерации, г. Усолье-Сибирское-7

**Аннотация:** в статье 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, связанное со снижением количества переключений передач.

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

## METHODS OF MODELING OF THE MOVING THE CATERPILLAR MACHINE WITH POWER INSTALLING THE CONSTANT POWER

Dira S.A.

Dira Sergey Aleksandrovich – Duty Engineer,  
MILITARY UNIT 03908,  
ARMED FORCES OF THE RUSSIAN FEDERATION, USOLIE-SIBIRSKOE-7

**Abstract:** in article are considered questions of comparative mathematical modeling dynamic and fuel-economic factors of the caterpillar machine when equipping her(its) 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 номинальной to powers 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:** caterpillar machine, power, loading, power installation, modeling.

УДК 62-543.4

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 также при переходе на неустановившиеся 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 явилось 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

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.

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 ObjectPascal в интегрированной среде программирования BorlandDelphi 7.0, рисунок 1.

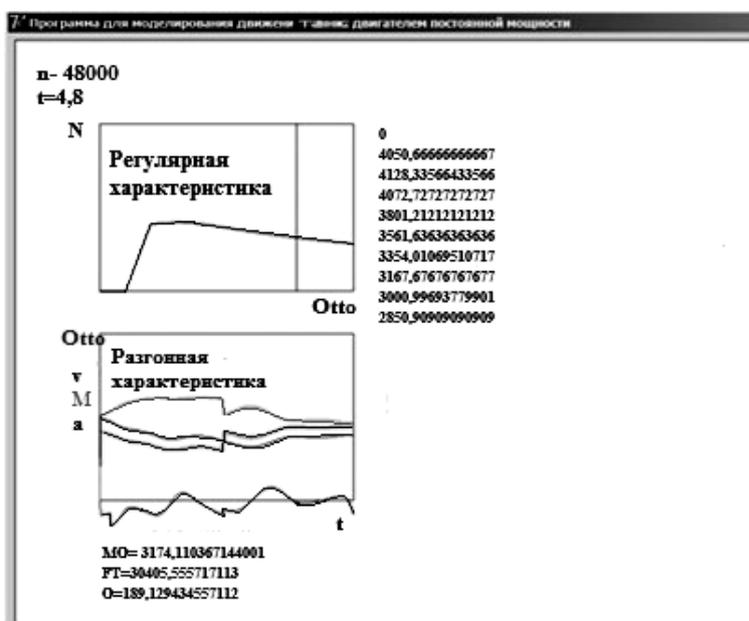


Рис. 1. Вывод результатов моделирования в «Программе для моделирования динамических показателей гусеничной машины с двигателем постоянной мощности»

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 рисунках 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.

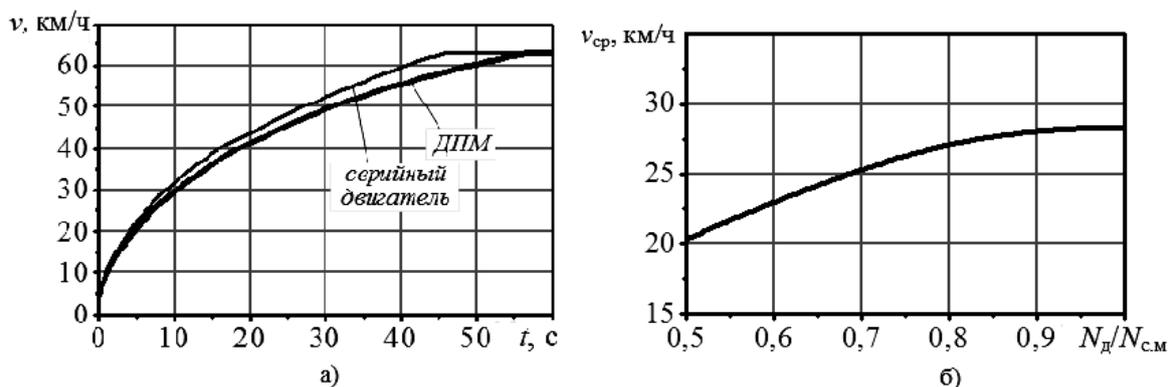


Рис. 2. Динамические показатели гусеничной машины с дефорсированным до ДПМ и серийным двигателем:

а) - разгон гусеничной машины по сухой грунтовой дороге; б) – закономерности изменения средней скорости машины в зависимости от уровня мощности силовой установки

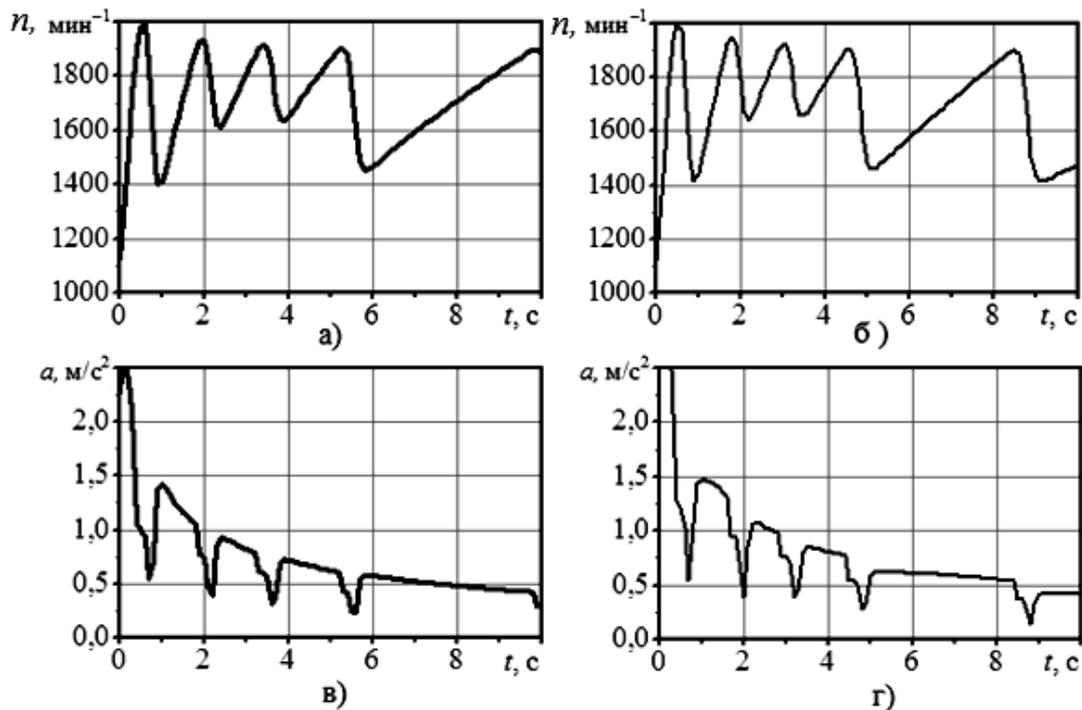


Рис. 3. Изменение с течением времени частоты вращения коленчатого  $n$  (а, б), и ускорения гусеничной машины (в, г) при разгоне по сухой грунтовой дороге серийным (б, г) и деформированным (а, в) до ДПМ двигателям

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 передач  $N_{п}$  и расход топлива на один километр  $g_{е.уд}$  при движении по всей совокупности ДГУ показал выраженное преимущество деформированного двигателя по данным показателям, рисунок 4.

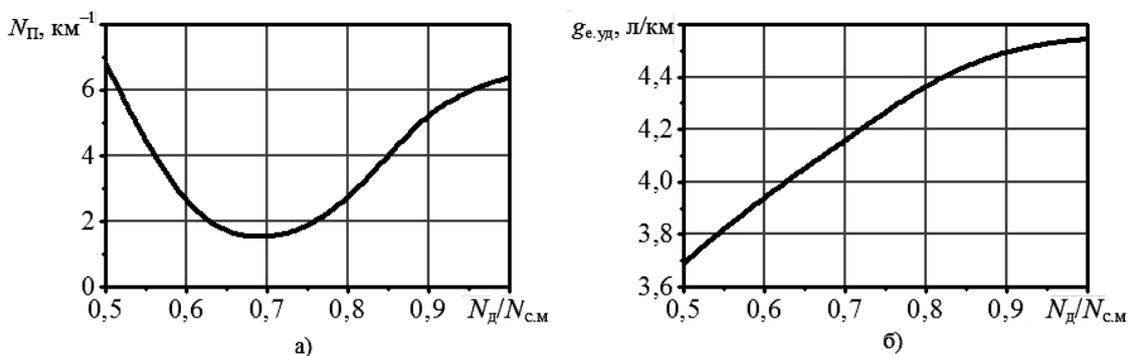


Рис. 4. Влияние уровня деформирования  $N_D/N_{с.м.}$  на количество  $N_{п}$  переключений передач на 1 км (а); расход топлива на один километр  $g_{е.уд}$  (б)

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 регуливающим свойствам трансмиссии и создаются условия для улучшения качества работы водителя.

Таблица 1. Группы дорожно-грунтовых условий

| Группа | Грунт | Значения коэффициентов |
|--------|-------|------------------------|
|--------|-------|------------------------|

| дорожных условий |                        | $f_{гр}$<br>(коэффициент сопротивления движению) со стороны грунта | $m_s(f_{гр})$<br>математическое ожидание удельной силы сопротивления грунта | $D(\sigma)$ , рад<br>дисперсия углов наклона местности | $\sigma_R$ , 1/м<br>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  |

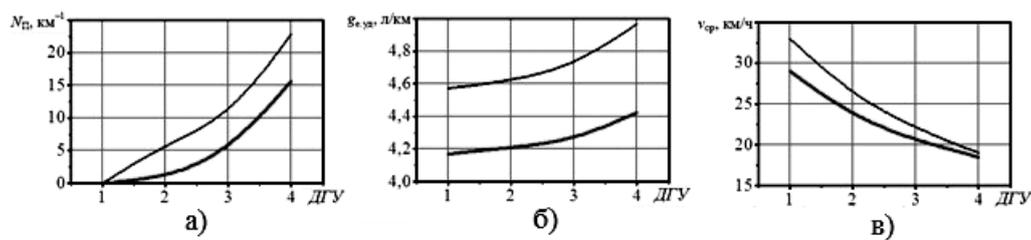


Рис. 5. Влияние группы дорожных условий ДГУ на количество  $N_n$  переключений передач на 1 км (а); расход топлива на один километр  $g_{e,уд}$  (б); среднюю скорость  $v_{ср}$  (в). Тонкая линия – серийный двигатель; толстая линия – двигатель постоянной мощности

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 % относительно 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  $K_M$ , что создает предпосылки к более легкому преодолению внешних возмущений связанные с увеличением сложности ДГУ.

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, связанное со снижением количества переключений передач.

#### Список литературы / References

1. Кутьков Г.М. Удельная конструкционная масса сельскохозяйственного трактора как показатель его технического уровня / Г.М. Кутьков, А.П. Порфенов // Тракторы и с.-х. Машины, 1987. № 2. С. 12-14.