

Ramazan Yusupov*, M.B. Solomonenko **,
Piotr Tarkowski, Zbigniew Kiernicki ***

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ТРАНСМИССИИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Аннотация. В статье представлена методика исследования динамической нагрузки элементов трансмиссии транспортного средства с учетом влияния параметров регулятора дизельного двигателя с использованием метода электромеханических аналогий.

Ключевые слова:(*Słowa kluczowe*): brak, brak, brak, brak,.

При движении транспортного средства без переключения скорости узел, регулирующий подачу топлива, находится в непрерывном движении, перемещается в больших пределах, что вызвано неоднородностью дорожного покрытия, наличием спусков и подъемов. При этом возникают периодические колебания нагрузки и частоты вращения коленчатого вала двигателя. При движении автомобиля по асфальтированному шоссе частота вращения коленчатого вала изменяется в пределах $\pm 1,5\%$, крутящий момент $\pm 30\%$, перемещение рейки топливного насоса $\pm 20\%$ от среднего значения (рис. 1). Изменения показателей происходят с частотой около 2 Гц [1].

* Prof. dr Ramazan Yusupov, Chelabinskiy Agroindjenieriy Universytet, Russia

** Eng. M.B. Solomonenko, Chelabinskiy.....

*** Dr hab.inż. Piotr Tarkowski, dr inż. Zbigniew Kiernicki Politechnika Lubelska, Polska

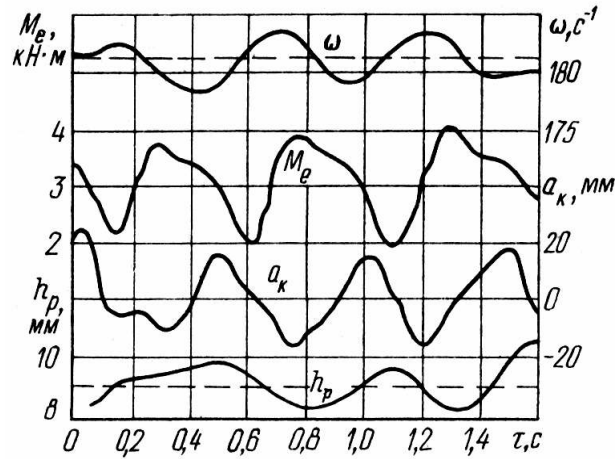


Рис. 1. Изменение режима работы двигателя грузового автомобиля при движении

Fig. 1. Change of loading in a truck engine in motion

Динамическая нагруженность транспортно-тяговых машин и агрегатов зависит от дорожных условий их работы или характера преодолеваемых препятствий, скоростного и нагрузочного режимов движения и конструктивного исполнения. Она определяется уровнем виброускорений поддресоренных и неподдресоренных масс и крутящими моментами в трансмиссии, что в свою очередь определяет прочность и надежность несущих элементов и элементов, передающих мощность.

Для исследования динамической нагруженности элементов трансмиссии целесообразно применить метод электромеханических аналогий [2, 3, 4, 5]. Данный метод обладает наглядностью, доступен для специалистов смежных областей, обеспечивает автоматичность формализации динамической системы моторно-трансмиссионной установки (МТУ). Рассмотрим его применение для исследования динамической нагруженности элементов трансмиссии транспортера-тягача МТ-ЛБ.

Кинематическая схема трансмиссии транспортера-тягача МТ-ЛБ приведена на рис. 2, а ее полная схема замещения на рис. 3.

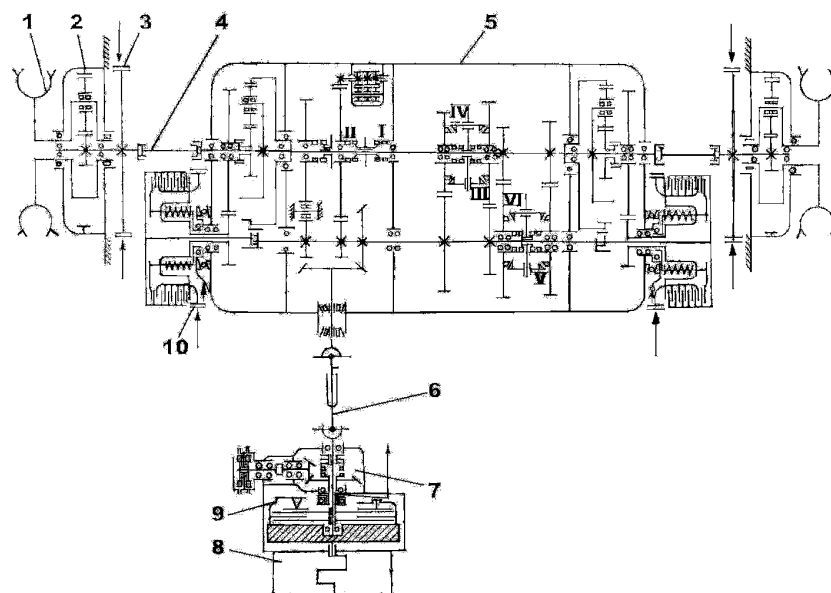


Рис.2. Кинематическая схема трансмиссии транспортера-тягача МТ-ЛБ:
 1 – ведущее колесо; 2 – бортовая передача; 3 – остановочный тормоз; 4 – бортовой карданный вал; 5 – механизм передач и поворота; 6 – центральный карданный вал; 7 – промежуточный редуктор; 8 – двигатель; 9 – главный фрикцион; 10 – тормоз поворота.

Fig. 2. Kinematics draft of the MT-LB transporter drive

Чтобы воспользоваться схемой замещения для анализа нагруженности элементов трансмиссии по известным методикам рассчитывают параметры упругих, инерционных и диссипативных элементов [2]. О нагруженности элементов трансмиссии объективно можно судить, анализируя передаточную функцию исследуемой системы по моменту.

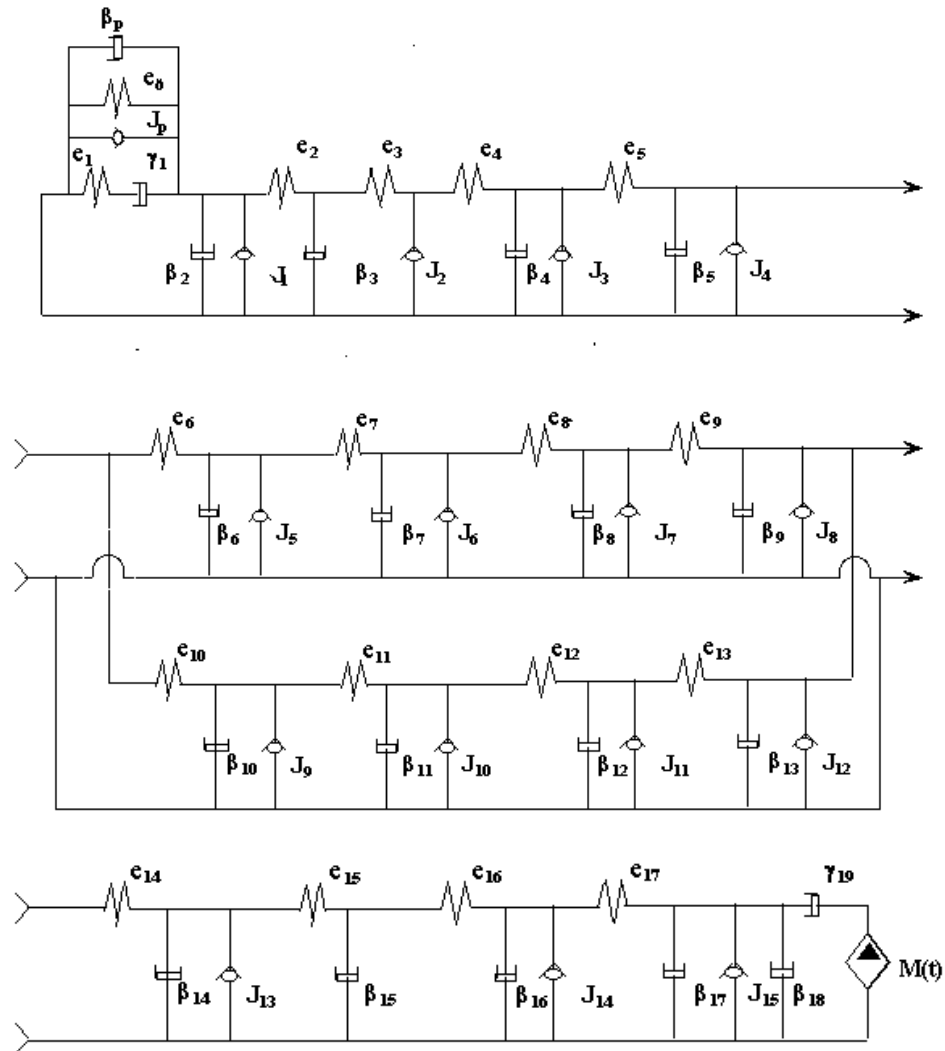


Рис. 3. Полная схема замещения трансмиссии транспортера-тягача МТ-ЛБ

Fig. 3. Complete draft of the MT-LB transporter drive

В данном случае схема замещения имеет 19 контуров и описывается уравнением в матричной форме по методу контурных моментов:

$$\begin{pmatrix} Z_{1,1} & Z_{1,2} & \dots & Z_{1,19} \\ Z_{2,1} & Z_{2,2} & \dots & Z_{2,19} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Z_{19,1} & Z_{19,2} & \dots & Z_{19,19} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} M_1 \\ M_2 \\ \vdots \\ M_{19} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ \frac{M_{19}(t)}{Z_{19}} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где: $Z_{i,i}$ – собственные механические сопротивления контуров схемы замещения;
 $Z_{i,j}$ – взаимные механические сопротивления между соответствующими соседними контурами схемы замещения;
 Z_{19} – механическое сопротивление участка с источником крутящего момента (контур “двигатели-грунт”).

В соответствии с правилом Крамера находятся главный D и вспомогательные D_i определители [2].

Тогда крутящий момент в i -м контуре:

$$M_i(j\omega) = \frac{D_i(j\omega)}{D(j\omega)}. \quad (2)$$

После вынесения из вспомогательного определителя функции источника крутящего момента получаем:

$$M_i(j\omega) = \frac{P_i(j\omega)}{D(j\omega)} \cdot \frac{M_{19}(t)}{Z_{19}}. \quad (3)$$

Отсюда передаточная функция по крутящему моменту между i -м контуром и источником момента:

$$W_i(j\omega) = \frac{P_i(j\omega)}{D(j\omega)}, \quad (4)$$

где: P_i – многочлен, получаемый после вынесения из вспомогательного определителя функции источника момента.

На основе данной методики определения динамической нагруженности разработана программа для ЭВМ в среде MathCAD. В качестве исходных данных для расчета используются материалы технического описания транспортера-тягача МТ-ЛБ, результаты стендовых испытаний двигателя ЯМЗ-238Н с различными массами грузов и жесткостями пружин регулятора, результаты расчета параметров схемы замещения МТУ МТ-ЛБ. Программой расчета предусматривается расчет передаточных функций на участках трансмиссии между контурами, включающими параметры ведущих и отдельных элементов трансмиссии. По максимальным значениям передаточной функции определяются резонансные частоты колебаний в каждом контуре. Варианты результатов расчета представлены на рис. 4.

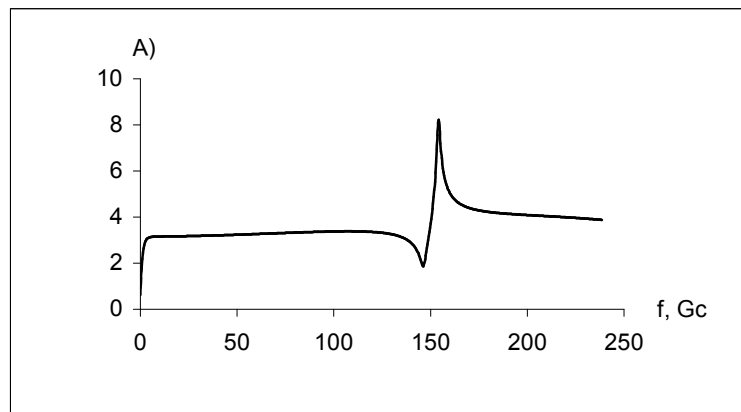
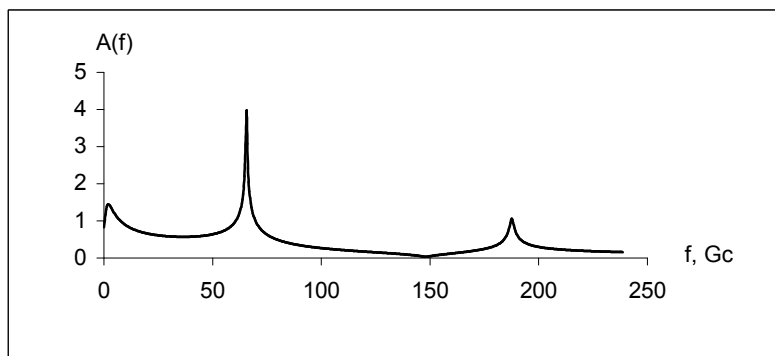
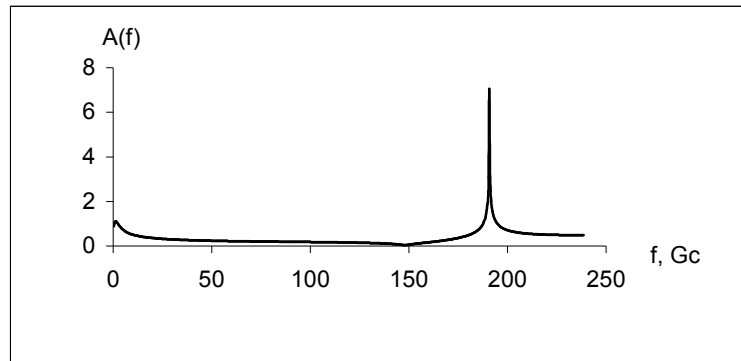


Рис. 4. Амплитудно-частотные характеристики подсистем моторно-трансмиссионной установки транспортера-тягача МТ-ЛБ

Fig. 4. Amplitudinal – periodical characteristics of the subsystems of the motor – transmission stand of the transporter MT-LB

Далее на график зависимости частоты собственных колебаний подсистемы МТУ накладываются определенные ранее резонансные частоты (рис. 5). Точки пересечения, попавшие в зону рабочих частот подсистемы, подвергаются анализу на предмет соответствия полученного момента допустимому.

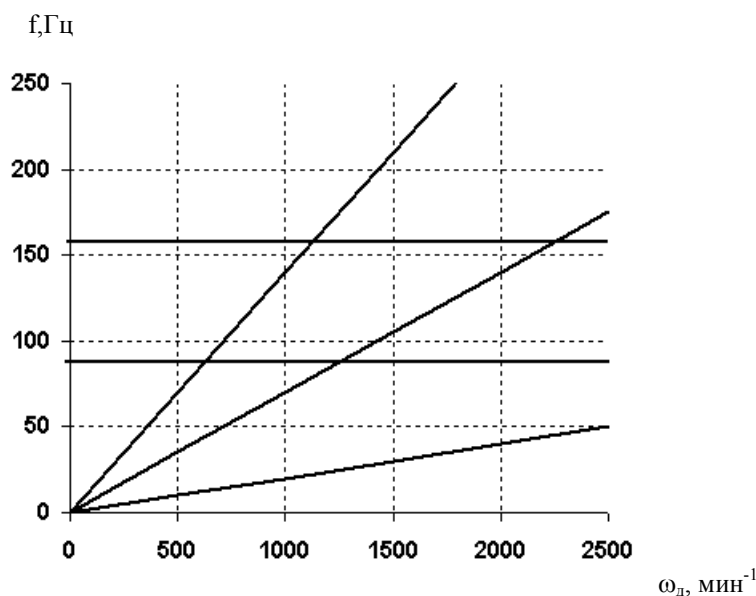


Рис. 5. Определение резонансных частот в контурах

Fig. 5. Definition of the resonance frequency in trunks

По изложенной выше методике проведены расчеты динамической нагруженности элементов трансмиссии транспортного тягача МТ-ЛБ при всех возможных комбинациях трех масс грузов регулятора (0,13; 0,15; 0,17 кг), трех жесткостях пружины регулятора (58800; 68200; 78800 Н/м) для второй, третьей и четвертой передачи переднего хода. В результате проведенных расчетов установлено, что подсистемы имеют наименьшую нагруженность при базовых значениях параметров регулятора двигателя, а наибольшую – при базовой массе грузов (0,15 кг), но повышенной жесткости пружины регулятора (78800 Н/м); наиболее вредными для работы трансмиссии транспортного тягача МТ-ЛБ являются частоты 103, 154, 191 Гц для второй передачи, 101, 145, 154 Гц для третьей передачи, 96, 154 Гц для четвертой передачи.

ВЫВОДЫ

1. Предложенная методика позволяет выполнить анализ нагруженности элементов трансмиссии транспортного средства.
2. С увеличением массы грузов и жесткости пружин регулятора нагруженность элементов моторно-трансмиссионной установки транспортного тягача МТ-ЛБ возрастает.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Костин А.К., Пугачев Б.П., Кочинев Ю.Ю.**, 1989: Работа дизелей в условиях эксплуатации. - Л.: Машиностроение, 283 с.
2. **Юсупов Р.Х.**, 1991: Взаимодействие элементов системы "двигатель-трансмиссия" трактора. – Красноярск: Издательство Красноярского университета, 100 с.
3. **Yusupov R.Ch., Deev V.Y., Zaynishev A.V., Solomonenko M.V.**, 2003: Optimisation of parameters of diesel's regulator and loading. – Lublin: Polish Academy of Sciences Branch in Lublin, p. 263–270.
4. **Юсупов Р.Х., Зайнишев А.В., Деев В.Ю., Соломоненко М.В.**, 2003: Оптимизация энергетических характеристик дизеля/Механизация и электрификация сельского хозяйства, 3, с. 25–28.
5. **Юсупов Р.Х.**, 1998: Определение энергетических показателей дизель-электрических установок с учетом их динамических характеристик. Известия Академии наук: Энергетика, 1, с. 163–167.

A METHOD OF TESTING THE DYNAMIC STRESSES OF TRANSMISSION
IN A TRANSPORTING MACHINE

Summary. The paper presents methodology of research on dynamic stresses of transmission elements in a transporting machine, taking into consideration on influence of parameters of a high – pressure engine's regulator, using the method of electromechanical analogies.

Keywords:

Recenzent: Prof. dr hab. Eugeniusz Krasowski