

Усукващи трептения на дизелови двигатели Д5800 и ДП5800

Неделчо Иванов, Здравко Иванов

This report describe the test stand for research of torsional vibration of diesel engine. There is shown the results of test of diesels engines D5800 and DT5800.

Key words: diesel engine, torsional vibration

ВЪВЕДЕНИЕ

Динамичното изследване на двигателите с вътрешно горене е свързано с определянето на резонансните колебания и породените при тях динамични напрежения. Прогнозирането на усукващите трептения е необходимо, както при агрегирането на ДВГ, така и при неговото усъвършенстване с цел повишаване на мощността, надежността, обезшумяването и други. Същевременно в използваните дискретни динамични модели на двигателя и агрегата като цяло има определена априорна информация [3] (относно податливостта на колянвия вал, приведените маси на един колян-мотовилков механизъм, възбуждането и демпфирането на трептенията, взаимната връзка с останалите видове трептения и др.). Поради тази причина се налага експерименталното изследване на усукващите трептения на агрегатите с ДВГ за получаването на действителните динамични напрежения в колянвия валопровод и за уточняване параметрите на дискретния динамичен модел. Техниката и методиките за измерване на усукващи трептения през последните години претърпяха съществени изменения. Ако по-рано тези измервания се извършваха чрез механични торсиографи [5,3], то сега най-много употребявани се явяват различните електрически способности за измерване на усукващи трептения. Най-голямото преимущество на електрическите измерителни средства се явява възможността за записване на трептения с високи честоти и при високи честоти на въртене на двигателите, при неустановени режими (например при пускане на двигателя), а също така и възможността за хармоничен анализ на сложните криви на трептенията непосредствено по време на процеса на торсиографиране.

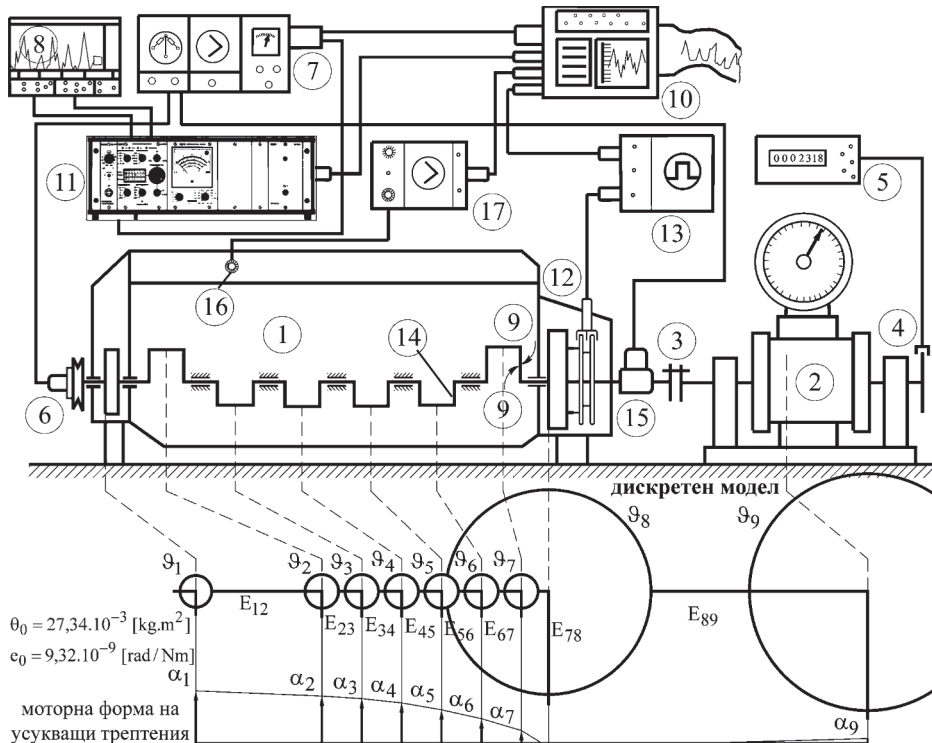
Целите на тази разработка са:

- да се синтезира стенд за изследване на моторната форма на усукващите трептения на автотракторни дизелови двигатели, даващ възможност за регистрация както на амплитуди, така и на напрежения (усукващи моменти);
- да се изследва моторната форма на усукващите трептения на дизеловите двигатели Д5800 и ДП5800 за да се уточнят параметрите на дискретния динамичен модел на двигателя, както и приложимостта и ефективността на различни гасители на трептения.

ИЗЛОЖЕНИЕ

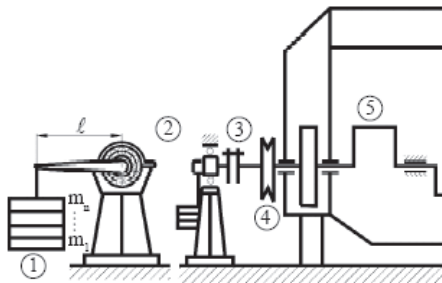
Експериментален стенд.

На фиг. 1 е дадена схематично осъществения стенд в лаборатория 610 на катедра ТТТ при ТУ – Варна. Измерването на усукващите трептения се извършва по два принципно различни метода: измерване неравномерността на въртене в предния край на колянвия вал (с електрически торсиограф) и измерване на деформацията (огъването) на последното рамо на колянвия вал с тензорезистори.



Фиг.1 Схема на лабораторната установка за изследване на усукващи трептения. 1- двигател D5800; 2 – динамометър; 3 – еластичен съединител; 4 – импулсен преобразовател; 5 – честотомер; 6 – преобразовател на ъгли трептения тип BD-NBM; 7 – универсален измерителен усилвател тип UM-131; 8 – X-Y записвач; 9 – тензорезистори, залепени на последното рамо и свързани в полумост; 10 – регистрираща система; 11 – теснолентов честотен анализатор тип 01021; 12 – импулсен преобразовател за положението на коляновия вал; 13 – формирова тел на импулси; 14 –колянов валопровод; 15 – живачен токоснимател; 16 – пиезо кварцов възприемател за налягането във втори цилиндър; 17 – измерителен усилвател за индициране.

Неравномерността на въртене в предния край на коляновия вал се снима със сеизмичния възприемател на неравномерност на въртене тип BD на фирмата НВМ – Германия (позиция 6 на фиг.1) и чрез измерителния усилвател 7 се подава към регистриращата система 10. Възприемателят е за максимална амплитуда 3 [deg], като чувствителния му елемент е мостова схема от индуктивни възприематели, регистриращи относителното завъртане на сеизмичния диск относно корпуса на възприемателя, който в случая се свързва към предния край на коляновия вал. Фирмата го препоръчва за честоти на въртене до 6000 [1/min], но вследствие вертикалното преместване в предния край на коляновия вал, породено от осеви и напречни трептения на коляновия валопровод, е възможно разкъсване на контакта в четковия токоснимател на възприемателя и при по-ниска честота на въртене, въпреки щателното му центроване по оста на въртене на коляновия вал.



Фиг.2. Тарирание на тензовъзприемателите по въртящ момент.

1 - тариращи маси; 2 - търкалящ лагер с лагерна кутия и стойка; 3 - еластичен съединител; 4 - ремъчна шайба; 5 - колян вал.

изследва и уточнява моторната форма на трептене, се измерва деформацията от предавания усукващ момент в последното рамо на колянния вал, намиращо се до маховика. По този начин се очаква отчетливо регистриране на резонансните трептения по втора форма тъй като измерването на деформацията е на съединението с 'възела'.

Тензорезисторите са залепени на последното рамо и реагират на огъването му в посока на голямата коравина (огъването е в равнина перпендикулярна на равнината на фиг.1, позиция 9). За да се свържат в мостова схема се използват и термокомпенсационните. Използвани са тензорезистори с база 10 [mm], съпротивление 199,50,3 и коефициент на тензочувствителност 2,230,5%. Последната основна шийка на колянния вал е пробита по оста за проводниците. Захранването на тензомоста и сигнала се снима от въртящия се вал с изработен за целта проходен живачен токоснемател, отличаващ се с особено ниско преходно съпротивление и високи честоти на въртене [1, 4, 7].

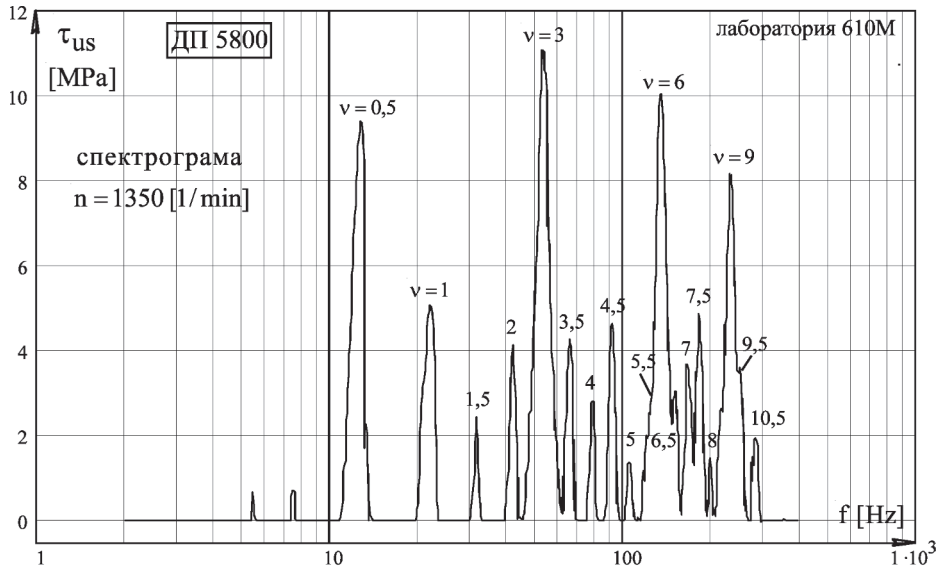
Тарирание на възприемателите.

За тарирането на тензорезисторите са изработени приспособленията, дадени на фиг. 2. Лагерването 2 се използва за да се премахне влиянието от несиметричното натоварване и да се намалат загубите от триене. С помощта на тежестите се натоварва и разтоварва многократно колянния вал до момент близък до номиналния (430 [Nm]) като валопровода е запънат в областта на хидравличния динамометър. Отбелязваме, че хистерезисът между линиите на натоварване и разтоварване се получава сравнително тесен, което е добра атестация за използваните по-прости приспособления за тарирание (фиг. 2) от препоръчаните в [7 и др.] лостови механизми за симетрично натоварване на усукване.

След измерителния усилвател 7, фиг. 1 регистрирането на сигнала се извършва по два независими канала. При единия от тях сигналът директно се подава на измерителната система. При другия сигналът се подава на теснолентовия автоматично настройващ се честотен анализатор 11. От анализатора към X-Y записвача 8 се подават две напрежения: напрежение пропорционално на честотно

В записаната неравномерност на въртене е и амплитудата от съответната форма на трептене и ако тя е резонансна и познаваме самата форма на трептене, можем да определим съответните динамични напрежения, да проектираме гасител на трептене и т.н. Когато не разполагаме с точните значения на параметрите на динамичния модел за усукващи трептения не можем предварително да определим и съответната форма на трептене. Необходимо е да познаваме поне още една амплитуда от формата или (по-точния вариант) да познаваме деформацията в дадено съединение от колянния валопровод. Тъй като ще се

отделената амплитуда на сигнала по ос Y и напрежение пропорционално на текущата средна честота на анализатора по ос X.

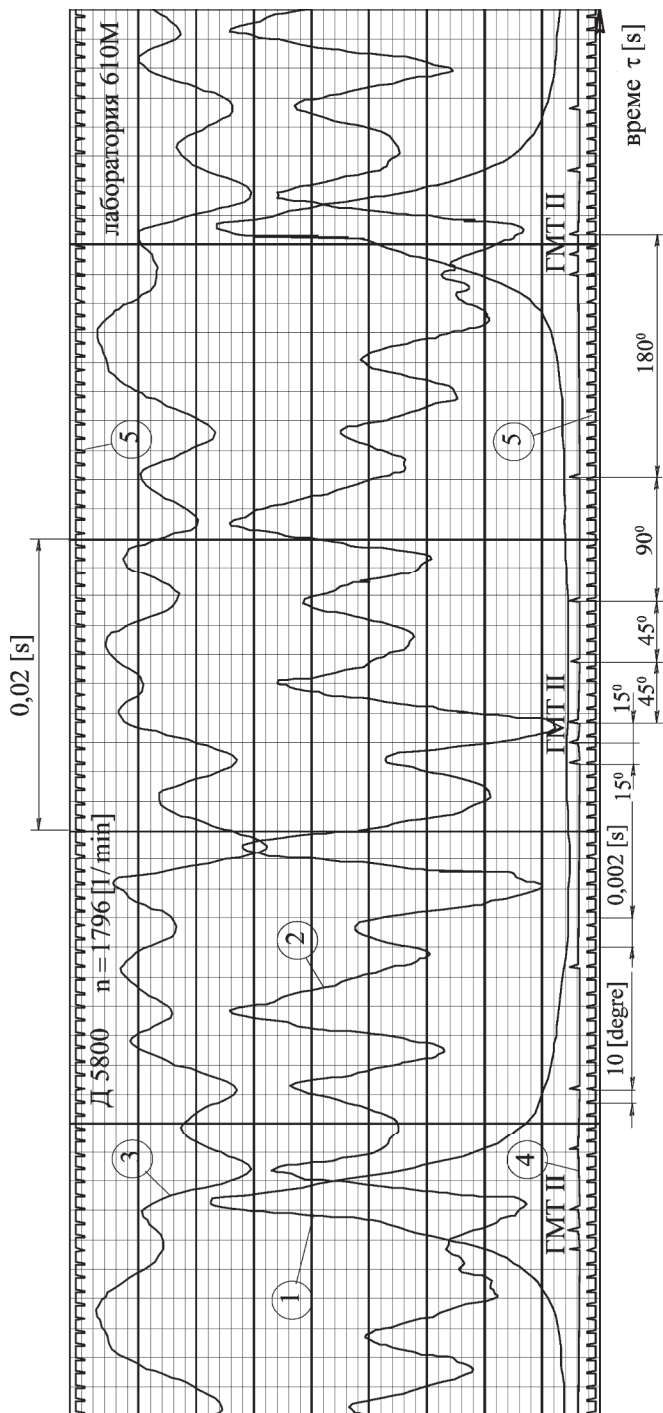


Фиг. 3. Честотен спектър за торсиограмите от тензо-възприемателите.

Експериментални резултати и анализ.

На фиг. 3 е дадена една експериментална осцилограма снета с регистриращата система. Индицирането на втори цилиндър е с цел определяне на възбуждащите сили. За улесняване на обработката на виброграмите (честотен анализ) освен отметки на ГМТ се дават и отметки през 10 [deg] от един диск свързан с колянвия вал (отметките в двата края на виброграмата). В случая един сигнал едновременно се подава на два канала за регистриране. След това се измерват съответните отсечки през 10 [deg] и се подлагат на последващи пресмятания за определяне на коефициентите на Фурие и съответните начални фази. Обработката на една виброграма отнема много време, като вероятността от допускане на грешки е голяма.

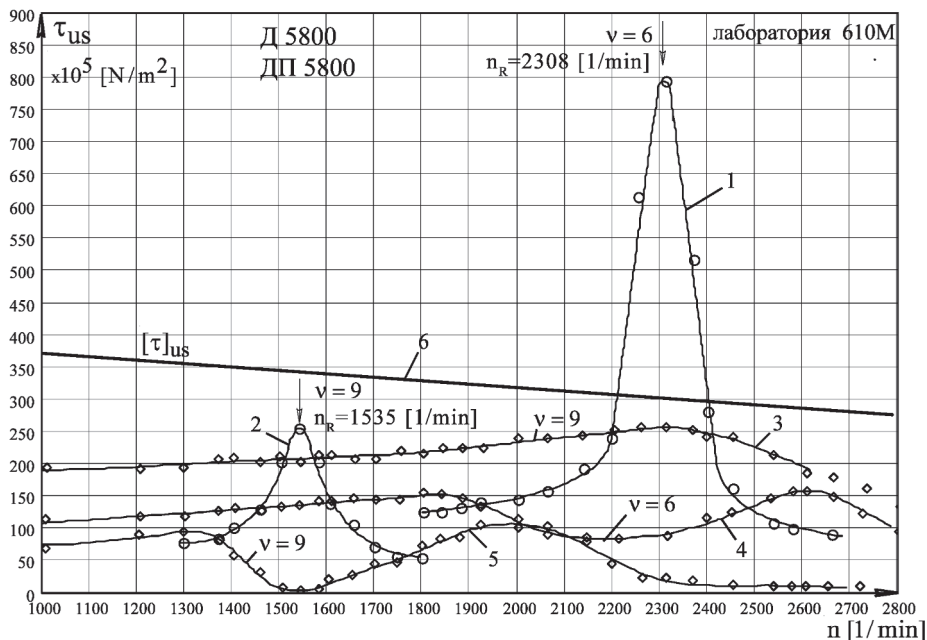
Това наложи синтезирането на втория регистриращ тракт с теснолентовия анализатор. На фиг.3 е дадена виброграма, записана с X-Y записвача след теснолентовия анализатор. Честотният анализ се извършва за определено време, зависещо от избраната ширина на честотната лента. Поради тази причина виброграмата от фиг.4 е осреднена от няколко виброграми. За получаване на стабилни резултати е необходим стационарен режим на работа на двигателя. За да се получат ясно отделени амплитуди е необходима тясна честотна лента на анализиране. В случая е използвана лента с относителна постоянна ширина 1,5%. По добри резултати биха се получили с анализатор с постоянна ширина на честотната лента особено при по-високите порядъци на хармониците (по-ясно разделяне на хармоничните компоненти). По този начин не може да се получи началната фаза на отделните хармоници.



Фиг. 4. Осцилограми, снетки с шлейф-осцилографа Н115.

1- индикаторна диаграма на втори цилиндър; 2 - торсиограма, снета с тензорезисторите, залепени на рамото преди маховика и пропорционална на въртящия момент през това рамо; 3 - виброграма, снета чрез възприемателя на ъглови трептения, тип ВД - НВМ; 4 - отметки за положението на коляновия вал в [degree], 5 - отметки през 10 [degree], 5 - отметки на хармоничния анализ.

На фиг.5 е дадена амплитудно-честотната характеристика за моторната форма на трептене за двете изпълнения на двигателя: без принудително пълнене и с принудително пълнене и с двата варианта на гасители на трептене: гумено-метален гасител и силиконов гасител. Значителните резонансни амплитуди от шести порядък са принудили конструкторите да удебелят последното рамо на колянвия вал и да разработят двата вида гасители.



Фиг.5. Амплитудно-честотна характеристика относно моторната форма на трептене. 1 - резонансна крива от 6-ти порядък за двигател ДП 5800 без гасител на усукващи трептения; 2 - резонансна крива от 9-ти порядък за двигател ДП 5800 без гасител на усукващи трептения; 3 - резонансна крива от 6-ти порядък за двигател ДП 5800 със силиконов гасител на усукващи трептения; 4 - резонансна крива от 6-ти порядък за двигател Д 5800 с гумено-метален гасител на усукващи трептения; 5 - резонансна крива от 9-ти порядък за двигател Д 5800 с гумено-метален гасител на усукващи трептения; 6 - допустими динамични напрежения за последното коляно.

Гумено-металния гасител е обединен с ремъчната шайба и е достатъчен за двигателя Д5800. Поради своята особеност на работа (антивибратор с триене), той разделя основния резонанс на два резонанса (крива 4 и 5 на фиг. 5). Като се вземе предвид, че резонанса от 9-ти порядък не е опасен от гледна точка на динамични напрежения, то при някои индустриални вграждания на двигателя до 2100 [1/min] (генератори, пътностроителни машини и др.) гасител на трептене не е необходим. За двигател ДП5800 задължително трябва да се използва само силиконовия гасител, който както се вижда от фиг.5 е настроен оптимално. Генераторните вграждания на ДП5800 обаче могат да са и без силиконовия гасител на трептене.

След уточняване на резонансната честота за моторната форма и разполагайки с експериментално измерените амплитуда в предния край на колянвия вал (без гасител на трептене) и деформацията на съединението преди маховика се уточниха параметрите на динамичния модел, даден на фиг.1, като се използва разработената методика [8].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Синтезирания експериментален стенд за усукващи трептения на двигател ДП5800 може да се използва за оценка ефективността на новоразработени гасители на трептене относно моторната форма на трептене.

2. Уточнени са параметрите на динамичния модел необходими за правилните вграждания на двигателя и за неговата развойна дейност.

3. С голяма достоверност са уточнени областите на приложения на двигателите Д5800 и ДП5800 с даден гасител на трептене, като се отбелязва, че за някои приложения (индустриални вграждания) те не са необходими от якостна гледна точка за колянвия вал.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Севастакиев В., Иванов Н.С., Иванов З.Д., Определяне на "дишането" на колянния вал чрез тензометриране., Научна сесия на ВМЕИ-Варна, ноември, 1981г.

[2] Техническа документация за двигателите ДП5800 и Д5800, КДВГ ВАМО, Варна, 1976 г.

[3] Живков В.С., Севастакиев В., Маринов Е., Динамика и трептене на ДВГ, ДИ Техника, София, 1986г.

[4] Велев Н. Н., Станчев Д. Й., Нейков С. А., Тотев Т. Т., Някои токоотвеждащи приспособления и особености на конструкциите им, Научни трудове ВИММЕСС, т. 21, с. 2, Русе, 1979г.

[5] Маринов Е., Станчев С., Изследване на възможностите за използване на съединител от ЗИЛ - 130 с двигател Д 5800, Научни трудове ВИММЕСС, т. 21, с. 2, Русе, 1979г.

[6] Schwingungsmessgeraet 00 032, Bedienungsanleitung, VEB Robotron-messelektronik "Otto Schoen", Dresden, 1982.

[7] Тензометрия в машиностроение. Спр., п.р. Макаров Р.А., Машиностроение, Москва, 1975г.

[8] Василев Г., Иванов Н., Експериментално изследване на трептенията в дизел-компресорен агрегат, Годишник на ВУЗ по Техническа механика, том XXI, кн. 3, 1986 г.

За контакти:

доц.д-р инж. Здравко Иванов, ТУ-Варна, катедра: ТТТ, ул.Студентска, № 1, ☎(052) 383 464, ✉ zdrdi@mbox.actbg.bg

Докладът е рецензиран.