

МЕТРОЛОГИЧНО ОСИГУРЯВАНЕ НА СРЕДСТВАТА ЗА

ИЗМЕРВАНЕ НА ВЪРТЯЩ МОМЕНТ ОТ СИЛА

П.Р.Парушев[✱], Д.Ив.Утев⁺, Л.А.Ангелова^{✱✱}

1. Състояние на въпроса.

През последните години в нашата страна рязко нарастнаха потребностите от точно измерване на въртящ момент. Внесени са, внасят се и се разработват разнообразни устройства за тази цел. Това е непосредствено следствие от ускореното развитие на различни отрасли на машиностроителната промишленост, промишленото и научното уредостроене, електропромишлеността, енергомашиностроенето, специалното производство и други.

Използуваните измервателни средства, особено работните, се характеризират с голямо разнообразие както по конструктивни белези, технически параметри и номенклатура, така и по техните точностни и надеждностни показатели.

До момента в страната липсват систематизирани данни за използваните измервателни средства, даже и за най-разпространените от тях, а също така на диапазона на измерваните въртящи моменти в различните отрасли на промишлеността.

Нашите проучвания [1] показват, че се използват работни моментомери с цифров отчет с клас на точност от порядъка на първи клас [2]. От друга страна фирмата HBM - BRD [3] произвежда и продава универсални работни средства за измерване с максимална стойност на момента до $50 \cdot 10^3 \text{ Nm}$ с тенденция за повишаване на горната граница. В нашата страна за нуждите на корабостроенето се измерват максимални въртящи моменти до 1 MNm със специализирани средства за измерване на същата фирма.

Метрологичното осигуряване на измервателните средства за въртящ момент е един нерешен не само за нашата страна въпрос.

У нас е разработено и утвърдено от Националния метрологичен център образцово измервателно устройство за измерване на въртящ момент от сила, разработено в РЦСМКК - Плевен. Устройството [4,

✱ ст.н.с., ктн - ЕЦММ при БАН, 1090 София, п.к.373
+ гл. специалист - РЦСМКК, кв.Сторгозия, 5800 Плевен
✱✱ н.с. I ст., гл. метролог на ЕЦММ при БАН

5/ е предназначено за метрологична проверка преди всичко на динамометрични ключове. С малки конструктивни изменения в захващащата част, обаче, може да бъде използвано непосредствено или като принципиално решение при създаване на метрологична схема на проверка на тарирани торзионни валове, спирачни устройства и други. Устройството има следните параметри:

- диапазон на измерване: $0,1 \div 20 \text{ кГм} / 1 \div 200 \text{ Nm}$;
- чувствителност: $0,01 \text{ кГм} / 0,1 \text{ Nm}$;
- възможност за проверка на работни средства с отчетни устройства, разграфени в системите СИ и СГМ.

Проведената прецизна метрологична атестация показва [6], че значението на относителната грешка и за двата измервателни интервала не надвишава 1%. Образцовото средство, следователно, трябва да бъде отнесено към образцови средства за измерване от първи клас на точност.

Опитът на развитите в икономическо отношение страни показва, че високо качество на измерванията, а следователно и на произвежданите изделия, може да бъде достигнато само при разработено развито метрологично осигуряване и стриктно спазване на метрологичната схема за предаване на въртящ момент от сила.

Постоянната комисия по стандартизация на СИВ на поредица свои заседания от 1973 г. насам настоятелно поставя въпроса за създаване на еталонни средства за въртящ момент.

Независимо от натрупания опит, преди всичко в СРР, СССР, ГДР и ЧССР, няма ясни, регламентирани постановки и единно мнение относно характера на еталонните средства и метрологичната схема за предаване на единицата за измерване. Предложената [7] от СРР концепция, обаче, е призната като добро начално приближение за създаване на национални еталони с отчитане спецификата на всяка отделна страна.

Достъпната научно-техническа информация от страните-членки на СИВ, както и от други източници, не дава представа за конкретното изпълнение на еталонните средства, а може да бъде използвана само за грубо ориентиране в идеите на създателите на тези измервателни средства.

2. Постановка на задачата

В разработената в Комитета по качеството Дългосрочна програма за развитието на метрологичното осигуряване през IX петилетка

и до 2000 година е предвидено създаването на еталонна уредба за възпроизвеждане и измерване на въртящ момент от двойка сили и изграждането на цялостна проверочна схема в тази област.

Целта на настоящата работа е да представи в сбита форма резултатите от творческото преосмисляне на достъпните научно-технически материали, изграждането на цялостна концепция и разработените оригинални схемни и конструктивни решения, отчитащи технологичните възможности на нашата страна, за създаване на достатъчно универсално еталонно средство за въртящ момент от сили с комплексна апаратна и софтуерна част за автоматизация на процесите по формиране, регистрация, предаване и обработка на единиците за измерване.

3. Ниво на методите и средствата за измерване на въртящ момент

Анализът на съществуващите направления в развитието на измервателните средства за въртящ момент от сила показва, че те могат да бъдат подразделени по различен начин, в зависимост от основните признаци, които се отчитат.

За нуждите на настоящото изследване от съществено значение са преди всичко условията на експлоатация и точността на измерване. Подробно нивото на методите и средствата за въртящ момент е разгледано в [1, етап П1]. Тук ще представим само някои основни моменти.

В зависимост от принципа на работа средствата за измерване могат да бъдат отнесени към четири основни групи: механични, хидравлични, оптични и електрически.

Устройствата, класифицирани по този принцип, условно могат да се разделят на две основни групи в зависимост от метода за формиране и преобразуване на въртящия момент от сила, а именно: пряк и косвен.

– При прякия метод моментът от сила се формира съгласно определението /за момент от сила/ посредством пряко прилагане на двете основни физични единици – сила и рамо /линейна дължина/. Този метод не е намерил широко приложение в практиката поради ред експлоатационни неудобства като повишена чувствителност спрямо външни механични въздействия, затруднено използване в динамичен режим и др. Наред с тези недостатъци методът дава възможност за реализиране на устройства, отличаващи се с простота на кинематичната схема, висока надеждност, точност и чувствителност, а така също с простота и удобство на задаване и отчитане на измервателната единица. Тези преимущества се реализират най-пълно при статично формиране и измерване на въртящ момент от сила. Като елементи,

делена маса /за силата/ и рамена с определена дължина /за дължината/.

Предаването на единиците за измерване на дължина към машината се осъществява по сравнителния метод с помощта на устройства, измерващи дължината с точност 0,01% и по-точни. Предаването на единиците за сила към машината се осъществява посредством използване на тежести, тарирани с точност не по-малка от 0,01%. С помощта на образцовото средство от 1-ви разряд /национален еталон/ се проверяват в стационарен режим при статично натоварване подвижни торзионни динамометри, служещи за предаване на единиците към работните измервателни средства. Тези торзионни динамометри кл 02 се отнасят към образцовите средства от 2-ри разряд или работни еталони.

- Работните еталони обхващат подвижни и неподвижни установки. Като неподвижна установка се предвижда машина кл 02 с междинни лостове и автоматична теглоизмервателна глава, която ще се използва при проверка на подвижни устройства - динамометрични съединители и динамометрични ключове. Това устройство позволява измерването на по-големи стойности на въртящия момент. Показанията се снемат по циферблата на измервателната глава.

Предаването на единиците за дължина към машината се реализира с точност 0,01%, а на силата с помощта на тежести с точност $0,01 \div 0,1\%$.

Със същата точност се осъществява предаването на основните единици към следващото еталонно средство - преносим двураменен лост кл 0,1 с регулиращи се призми. Това устройство служи предимно за проверка на спирачки. Закрепва се към статора на проверяваната спирачка и се уравнисява със специални тежести, поставени върху блюдо. Точното разстояние от оста на спирачката до реброто на призмата се установява с помощта на шаблон, съответстващ на избраната дължина на рамото на лоста. Възможно е използването на еднораменен лост, но в този случай задължително трябва да се монтира допълнителна, уравнисяваща теглото на рамото, маса. Освен с тежести може да бъде задавана и с динамометри.

Към класа на подвижните измервателни устройства от 2-ри разряд се включват още: рамо с махало, изпитателни машини на усукване и преносими моментометри кл 0,2 и 0,4.

Преносимите моментометри кл 0,2 и 0,4 се използват за проверка по сравнителния метод. Те биват механични, оптични и електрични. Основно работят на принципа на преобразуване на въртящ момент от сила в еластична деформация на чувствителния елемент с последващо измерване по един от указаните начини, а именно: механичен, оптичен и електричен.

4. Схема за предаване на момент от двоица сили

В резултат от проведените проучвания се оформя следната предварителна схема за предаване на момент от двоица сили:

Национален еталон 1-ви разряд.

Машина с двураменен лост и тежести кл 0,05: относителна грешка на дължината на рамената $\frac{\Delta l}{l} = \pm 10^{-4}$; относителна грешка на тежестите $\frac{\Delta G}{G} = \pm 10^{-4}$; температурна грешка $20^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Работни еталони 2-ри разряд.

- подвижен двураменен лост с тежести кл 0,1: относителна грешка на дължината на рамената $\frac{\Delta l}{l} = \pm 10^{-3}$; относителна грешка

определящи дължината на рамото на силата най-често се използват лостови системи с определена дължина, дискове или кръгови сектори с определен радиус. Стойността на силата се задава с помощта на теглилки с определена маса или високочестотни динамометри.

- При косвения метод формирането и отчитането на стойността на въртящия момент от сила се осъществява посредством използването на физични явления, възникващи в резултат на въздействието на въртящ момент върху чувствителния елемент на измервателното устройство.

Изградените на базата на този метод измервателни системи и устройства се отличават с голямо разнообразие, както по конструктивни решения, така и по използваните физични явления.

Методът е намерил широко приложение в практиката преди всичко поради възможността да се реализират динамични измервания в процеса на експлоатация на машини и съоръжения. Наред с това се осигурява значителна свобода на конструктивните реализации, позволяваща намирането на оптимални конструктивно и експлоатационно решение за всеки конкретен случай.

Устройствата са удобни за работа, в повечето случаи технологични за изработка, със задоволителна надеждност. Точността им се определя, както от вида на материала и конструктивните особености на чувствителните елементи, така и от начина за преобразуване на измервателния сигнал. Тя значително се повишава с въвеждането на допълнителни електронни устройства за следене и контрол, преобразуване и отчитане на резултатите от измерванията.

В практиката най-широко разпространение са получили измервателните системи и устройства с чувствителни елементи с вътрешно триене /еластични елементи/.

В зависимост от точността на формиране и предаване на физическата величина - въртящ момент - различаваме еталонни, образцови и работни средства.

Ще разгледаме само еталонните средства.

Еталонните средства осигуряват формирането на изходната величина с най-висока точност и нейното предаване към работните измервателни средства.

Те се подразделят, както следва:

- Еталонни измервателни средства, построени на базата на прекия метод за формиране и преобразуване на въртящ момент от сила, т.е. с използване на основни физични величини - маса /сила/ и дължина, която се определя с помощта на еднораменни и двураменни лостове, а така също и от лостове с подвижни тежести. Съществуват още еталонни установки с лост с кръгообразен участък, с клатец се лост, с промеждутъчен лост, механични, оптикомеханични с динамометри и с манометри.

- Еталонни измервателни средства, построени на базата на косвения метод за формиране и преобразуване на въртящ момент от сила. Към тях спадат устройства с динамометрични спирачки и устройства с торзионни динамометри.

Еталонните средства за измерване включват устройства от 1-ви и 2-ри разряд, като към 1-ви разряд се отнасят националните, а към 2-ри работните еталони. Като образцово средство 1-ви разряд - национален еталон, се предвижда устройство /измервателна машина/ клас 0,05 с двураменен лост и тежести, което е построено с използване на прекия метод за формиране и преобразуване на въртящ момент от сила. Основните величини се осигуряват от тежести с опре-

на тежестите $\frac{\Delta G}{G} = \pm 10^{-4}$; изменение на температурата $20^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

- подвижен двураменен лост с тежести кл 0,2 : относителна грешка на дължината на раменете $\frac{\Delta l}{l} = \pm 10^{-3}$; относителна грешка на тежестите $\frac{\Delta G}{G} = \pm 10^{-3}$; изменение на температурата $20^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

- торзионни моментомери - кл 0,2;

- торзионни моментомери - кл 0,4;

- машина с междинни лостове и автоматична теглоизмервателна глава кл 0,2; относителна грешка на дължината на рамената $\frac{\Delta l}{l} = \pm 10^{-3}$; относителна грешка на показанията на теглоизмервателната глава $\frac{\Delta G}{G} = \pm 10^{-3}$; изменение на температурата $20^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Образцови и работни измервателни средства.

- машина с диск или кръгови сектори кл 0,4 : относителна грешка на дължината на рамената $\frac{\Delta l}{l} = \pm 10^{-4}$; относителна грешка на тежестите $\frac{\Delta G}{G} = \pm 10^{-3}$; изменение на температурата $20^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$; относителна грешка на чувствителността, определяна от параметрите на централната лагерна опора /търкалящ лагер/ - от 10^{-2} до 10^{-4} ;

- динамометрични съединители - кл 0,4;

- динамометрични съединители - кл 0,6;

- динамометрични съединители - кл 1÷2;

- динамометрични спирачки - кл 0,4;

- динамометрични спирачки - кл 0,6;

- динамометрични махала - кл 0,6;

- изпитателни машини на усукване - кл 1...3;

- динамометрични ключове - кл 2...5.

5. Концепция за изграждане на национален еталонен комплекс за въртящ момент от сила

Предварителните проучвания и изводите, изложени в предната точка, позволяват да бъде предложена концепция за изграждане на Национален еталон на НРБ за формиране, измерване и предаване на въртящ момент от сила. Нейното съдържание обхваща следните основни моменти:

5.1. Принцип за формиране на еталонен въртящ момент от сила

Структурна схема на моментозадаващото /моментоформиращо/ устройство и еталонния комплекс.

5.2. Основни възможности на еталонния комплекс.

5.3. Метрологична атестация на моментозадаващите /моментоформиращите/ устройства.

- 5.4. Допълнителни експлоатационни възможности на еталонния комплекс.
- 5.5. Допълнително метрологично осигуряване на еталонния комплекс.
- 5.6. Допълнително осигуряване на надеждността на еталонния комплекс.
- 5.7. Пълни експлоатационни и метрологични възможности на еталонния комплекс. Обобщение.
- 5.8. Примерни схеми за осъществяване на пълен автоматичен проверочен цикъл с помощта на еталонния комплекс.
- 5.9. Примерна схема за осъществяване на съкратен аварийен цикъл на действие по привеждане на еталонния комплекс в изходно положение.

6. Заключение и изводи

Основно материалите за изграждане на концепцията, пълният обем на проверките и основни технически решения на Националния еталон за въртящ момент са представени в отчетите по етапи П1, П2 и П3 от държавна планова задача 18/85 на НМЦ [1]. Те дават основание за следните изводи:

6.1. Метрологичните, експлоатационните и надеждностни параметри на Националния еталон за въртящ момент от сила характеризират устройство с универсални възможности за проверка на разнообразни по конструктивно изпълнение средства за измерване; за осигуряване на нужната при проверката точност; за формиране, измерване и предаване на физическата величина в широк диапазон на изменение.

6.2. Осигурени са предпоставки за построяване на обобщена структурна схема на еталона за конкретизиране на идейни и конструктивни виждания за реализиране на еталонния комплекс.

6.3. Описаната концепция е добра база за разработване на технико-икономическо задание за проектиране и внедряване на Национален еталон.

6.4. Детайлно развит в посочения отчет проверочни схеми са основа за построяване на прецизна и достатъчно пълна метрологична схема за предаване на физическата величина – въртящ момент от сила, съобразена с препоръките на Постоянната комисия на СИБ по стандартизация, с препоръките на международните стандартизационни центрове, с конкретните нужди и условия в НРБ.

7. Литература

1. Парушев, П.Р. и колектив. Проучване, разработване, създаване и внедряване на метод и уредба за проверка на средства за измерване на въртящ момент. Част I - Проучване. Отчет по държавна планова задача 18/85 на НМЦ при КК. София, ЕЦММ - БАН, 1986 г. (Етап П1, април '86, 61 стр.; Етап П2, септември '86, 179 стр.).

2. NIOS Digital Torque Tester. Owner's Manual (April 1983). NIOS Inc., Tokyo, Japan. 7 pp.

3. Hottinger Baldwin Messtechnik. Price - List A. Instruments (Effective: 1-st April 1985). P.10.05.9.

4. Парушев, П., Утев, Д. Устройство за проверка на динамометрични ключове. Искане за авт.свид. НРБ №71564/27.08.85 г. (Положително решение на ИНРА от 27.06.86 г.). 6 стр.

5. Парушев, П., Утев Д. Устройство для образцового измерения моментов сил. Доклады V-ого нац. конгресса ТПМ. Варна, 23÷29.09. 1985, С., БАН, 1986, книга 4, стр.396÷401.

6. Утев, Д. Метрологична атестация на "Уредба за проверка на динамометрични ключове" Плевен, РЦСМКК, 1986, 12 стр. (Ведомствено разпространение. Вж. също /1/, Приложение 1).

7. Проект рекомендации по стандартизации СЭВ. Тема 498.2388-72 (I проект. Автор СРР). "Метрология. Методы поверки эталонных средств для измерения моментов пары сил." 22 стр.

11 XI 1986

До
др.ст.н.с.Паруш Райков
Парушев
и колектив

ЕЦММ, ИМБМ - БАН

Тук

С Л У Ж Е Б Н А Б Е Л Е Ж К А

Настоящата се издава в уверение на това, че ст.н.с.П.Парушев, Д.Утев и Л.Ангелова са участвували в работата на Националната конференция "Метрологично осигуряване на научно-внедрителската дейност" и са изнесли доклад на първото пленарно заседание на конференцията на 03.11.1986 г. на тема "Метрологично осигуряване на средствата за измерване на въртящ момент от сила"

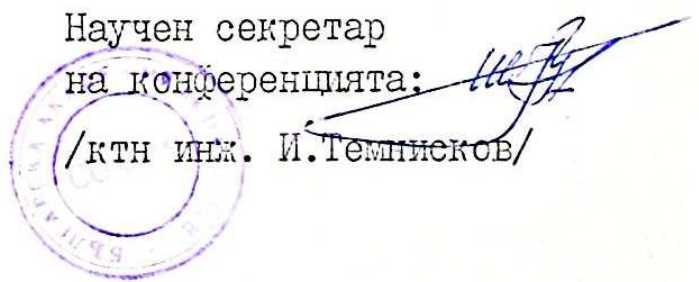
Докладът ще бъде публикуван в материалите на конференцията.

10.11.1986 г.
София

Научен секретар

на конференцията:

/к-н инж. И.Темнисков/



Метрологично осигуряване на средствата за измерване на
въртящ момент от сила

ст.н.с.П.Парушев, инж.Д.Утев, н.с.Л.Ангелова

В нашата страна за промишлени нужди и за научни изследвания се използва широка номенклатура измервателни и работни средства за въртящ момент от сила. Разнообразните условия на приложение и експлоатация на тези средства обуславя големия диапазон на изменение на физическата величина и високите точностни показатели на някои измервателни средства. Особено остро стои въпросът за метрологичното осигуряване на измервателните устройства от този клас, както чрез създаване на средства за задаване на образцови и еталонни въртящи моменти от сила, така и чрез разработка на метрологична схема за предаване на еталонната величина. От съществено значение е разработката на технически измервателни средства за осигуряване на метрологичната схема.

В работата са описани вижданията на авторите за построяване на национален еталон, на вторични еталонни и образцови средства и метрологична схема за предаване на въртящ момент от сила. Спделен е опитът по създаване и резултатите от изпитанията на образцово измервателно устройство за същите цели, утвърдено като такова от Националния метрологичен център.

Изследванията са извършени в ЕАН и РЦСЖК - Плевен по теми, финансирани от ИЕМ при КК в изпълнение на пропърките на РГ на СНИ и като национална задача от плана за метрологично осигуряване на качеството в нашата страна.