

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБРАЗЦОВОГО ИЗМЕРЕНИЯ МОМЕНТОВ СИЛ

П.Р.ЛАРУШЕВ, Институт механики и биомеханики- БАН
ул.акад.Г.Бончев, бл.8, 1113 София НРБ
Д.Ив.УТЕВ, РЦМСКК, кв.Строгозия, 5800 Плевен НРБ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В ряде инженерных и исследовательских задач необходимо измерять или реализовывать заданный момент силы при помощи различных технических устройств. Работоспособность, надежность и долговечность сложных систем в двигателестроении, транспортном машиностроении, авиационной технике и т.п. существенно зависят от выдержки заданной величины натяга в сочленениях. Широкое распространение в инженерной практике в этой связи находят динамометрические ключи, гайковерты, ключи для нарезания резьб, торсионные валы, тормозные и зажимные приспособления различных классов точности, снабженные отсчетными устройствами для фиксации момента силы заданной величины. Необходимо, следовательно, разработать метрологическое обеспечение этих технических средств.

В работе рассматривается измерительная схема и технические характеристики образцовой измерительной установки для метрологической проверки, настройки и градуировки устройств для задания момента сил и прежде всего динамометрических ключей. Установка признана образцовым измерительным средством Национальным метрологическим центром [1 + 3]. Приводятся соображения по метрологической аттестации и экспериментальные результаты исследования установки, разработанной в РЦМСКК - Плевен.

2. СХЕМА ИЗМЕРЕНИЯ

В патентной и технической литературе регулярно появляются описания технических средств проверки метрологических качеств конкретных систем динамометрических ключей. Это в основном механические /См.напр.: [4], [5] и др./ и гидромеханические /См.напр.: [6]/ устройства для проверки динамометрических ключей одной системы единиц измерения.

При разработке устройства, рассматриваемого в работе, выбрана [7] измерительная схема, основанная на формировании образцового момента и компарировании проверяемого момента сил с образцовым при приложении обоих моментов к рабочему органу ключа. Такой подход обеспечивает универсальность, повышенную точность измерения и упрощает конструкцию установки. Одной и той же установкой без конструктивных и функциональных изменений можно измерять моменты различных систем единиц измерения /напр.: СИ и СГС/, задаваемых динамометрическими ключами разнообразного конструктивного исполнения.

Кинематическая схема установки, представленная на Рис.1, включает: моментозадающий диск 1 с канавками по периферии /для конкретной установки сделаны две канавки с радиусами $R_1=200$, мм и $R_2=206,4$, мм /; вал с осью 2 диска, укрепленный в шарикоподшипниках 3; зажимные тиски 4 с рукояткой 5; тарелка 6 массой B для образцовых гирь 10 массой P / $G + P$ - общая масса тарелки с гирями/; противовес 7 массой G , связанная с тарелкой 6 нерастяжимым гибким тросом 11 и подвешенная к диску 1; опора 8 ручки динамометрического ключа 9.

Система балансируется и перед измерением находится в состоянии статического равновесия. С помощью образцовых гирь 10 массой P к периферии диска 1 прикладывается статическая сила. Она создает на оси 2 диска образцовый момент силы величиной M_1 , кгс.м или M_2 , н.м, в зависимости от того, в какой из канавок диска приложен стальной трос 11. Этот крутящий момент силы подается к тискам 4. В них крепится рабочий квадрат динамометрического ключа. Повороту ключа препятствует опора ручки 8.

После успокоения системы снимаются показания $\tilde{M}_p$ с отсчетного устройства динамометрического ключа при заданной величине образцового момента M_p , / $p^*=1,2$ /.

функция дискретных отсчетов:

$$/1/ \quad \Delta \tilde{M}_p^{(c)} = \tilde{M}_p^{(c)}(M_p^{(c)}) - \tilde{M}_p^{(c)} - M_p^{(c)}, \quad p=1,2; \quad c=1,\dots,n,$$

для конечного числа M точек (c) отсчетного устройства в диапазоне моментов $M_p \in [M_p \text{ нач.}, M_p \text{ кон.}]$ является базой для оценки точности аттестуемого динамометрического ключа.

Конструкция измерительной установки, реализующей описанную схему измерения, рассмотрена в [1]. Можно отметить следующие основные особенности конструктивной реализации установки:

- опора динамометрического ключа выполнена в виде рукоятки с резьбой. Рукоятка ввинчивается в одно из резьбовых отверстий, находящихся по обе стороны от оси моментозадающего диска;

- тарелка и противовесы расположены в специальном корпусе во избежание внешних возмущающих воздействий в процессе измерений;

- тарелку и противовесы можно легко поменять местами в зависимости от направления задаваемого момента силы в соответствии с конструктивными особенностями проверяемого ключа;

- гибкий трос закреплен неподвижно к диску и вставляется в одну из канавок в зависимости от размерности задаваемого момента M_p , $/p=1,2/$;

- предусмотрена возможность стопорения диска с помощью специального устройства.

Проверка динамометрических ключей осуществляется в режимах:

а/ с предварительно закрепленным на стенде ключом; б/ с предварительно загруженной тарелкой; в/ с заданием образцового момента непосредственным приложением силы к тросу без противовеса и тарелки. Порядок проверки описан в [1].

Ошибка в любой точке (c), $/c=1,\dots,n/$, отсчетного устройства проверяемого ключа определяется по формуле:

$$/2/ \quad \delta_p = \frac{\tilde{M}_p^{(c)} - M_p^{(c)}}{\tilde{M}_p^{(c)}} \cdot 100\% = \frac{\Delta_p^{c \text{ абс}}}{\tilde{M}_p^{(c)}} \cdot 100\%, \quad p=1,2; \quad c=1,\dots,n,$$

где: δ_p - ошибка измерения; $\Delta_p^{c \text{ абс}}$ - абсолютная ошибка в [кГс.м] при $p=1$ и [н.м] при $p=2$; $M_p^{(c)}$ - номинальная величина образцового момента в точке (c) с учетом ошибки установки; $\tilde{M}_p^{(c)}$ - средняя величина момента из k , $/k=3,4,5/$ измерений в точке (c)

по отсчетному устройству проверяемого ключа; $\tilde{M}_p^{(c)}$ - максимальная величина момента, обозначенная на отсчетном устройстве.

Величина $\tilde{M}_p^{(c)}$ делится в соответствии с зависимостью:

$$/3/ \quad \tilde{M}_p^{(c)} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \tilde{M}_p^{(c)}, \quad p=1,2; \quad c=1,\dots; \quad k=3,4,5.$$

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Образцовая измерительная установка, созданная в РЦСНК-Плевен, имеет следующие параметры:

- диапазон измерений: $\begin{cases} 0,1 \div 20, & \text{кГс.м, при } p=1; \\ 1 \div 200, & \text{н.м, при } p=2; \end{cases}$

- величина заданного образцового момента M_p сил с помощью образцовой гири массой P :

$$M_p = \begin{cases} 0,2P, & \text{кГс.м, при } p=1; \\ 2P, & \text{н.м, при } p=2; \end{cases}$$

- порог чувствительности: $\begin{cases} 0,01, & \text{кГс.м, при } p=1; \\ 0,1, & \text{н.м, при } p=2; \end{cases}$

- наименьшая дискретная величина образцового момента $M_{p \text{ мин}}$ сил:

$$M_{p \text{ мин}} = \begin{cases} 0,1, & \text{кГс.м, при } p=1; \\ 1, & \text{н.м, при } p=2; \end{cases}$$

- направление задаваемого образцового момента: по часовой и против часовой стрелки.

Предусмотрено, что установка будет работать в помещении с температурой окружающей среды $t^\circ\text{C} = /20 \pm 5/^\circ\text{C}$ и относительной влажностью не выше 60%.

4. ПОВЕРКА УСТАНОВКИ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Поверка точностных параметров установки осуществляется также методом компарирования с эталонным крутящим моментом сил, приложенным к тискам установки. При этом реализуется полная идентичность схемы поверки образцового средства со схемой проверки аттестуемого устройства как при формировании эталонного момента, так и в процессе сравнения с образцовым моментом. Это можно рассматривать как своеобразное приложение принципа Аббе при измерении моментов сил.

Эталонный момент формируется при помощи дополнительного устройства.

Схема и порядок поверки установки описаны подробно в [2].

Там же приведены конструктивные решения, технические параметры и методика проверки дополнительных средств, применяемых для формирования эталонного момента.

С целью определения и повышения точности и достоверности передаваемого образцового и эталонного крутящих моментов сил, были проведены многочисленные эксперименты. В ходе экспериментов были получены следующие результаты:

4.1. В формировании эталонного момента сил участвуют ряд элементов, к точности исполнения которых были предъявлены определенные требования. В результате этого достоверность Δp /отклонение показаний при многократном воспроизведении номинальной величины момента сил/ доведена до величины:

$$\Delta p \leq \begin{cases} 0,005, & \text{кГс.м, при } p=1; \\ 0,05, & \text{н.м, при } p=2. \end{cases}$$

4.2. Достоверность передаваемого образцового крутящего момента сил к рабочему квадрату проверяемого динамометрического ключа в большой степени определяется порогом чувствительности системы "моментазадающий диск - дополнительное устройство" в ненагруженном и нагруженном состояниях. Для порога чувствительности были получены следующие результаты:

- в ненагруженном состоянии:

$$\begin{cases} \approx 0,007 \pm 0,008, & \text{кГс.м, при } p=1; \\ \approx 0,07 \pm 0,08, & \text{н.м, при } p=2; \end{cases}$$

- в нагруженном состоянии:

$$\begin{cases} < 0,01, & \text{кГс.м, при } p=1 \text{ и } P=10, \text{ кГс;} \\ < 0,1, & \text{н.м, при } p=2 \text{ и } P=100, \text{ н;} \end{cases}$$

4.3. Общая абсолютная погрешность формирования величины образцового крутящего момента сил в процессе проверки динамометрического ключа не превышает порога чувствительности системы:

$$\Delta p_{\text{абс}} \leq \begin{cases} 0,01, & \text{кГс.м, при } p=1; \\ 0,1, & \text{н.м, при } p=2. \end{cases}$$

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создана установка для формирования и передачи образцового крутящего момента сил с универсальным применением.

Испытания установки для проверки, тарирования и настройки динамометрических ключей показали ее высокие метрологические характеристики и возможности применения предложенной измерительной схемы.

6. ЛИТЕРАТУРА

1. Утев, Д.И.: Руководство за работа с "Уредба за проверка на динамометрични ключове". Плевен: РЦСМК, 1985, 13 стр.
2. Утев, Д.И.: Методика за метрологична атестация и проверка на "Уредба за проверка на динамометрични ключове". Плевен: РЦСМК, 1985; 9 стр./ведомствен материал/.
3. Утев, Д.И.: Методика за проверка на динамометрични ключове. Плевен: РЦСМК, 1985, 4 стр./ведомствен материал/.
4. Петров, В.И.: Приспособления для проверки ключей.- Авт.свид. СССР №397791 с приоритет от 16.03.1970. Бюлл. №37, 17.09.1973 /опубл. 13.02.1974/.
5. Engel, M. (und Daimler-Benz AG): Prüfgerät für Drehmomentenschlüssel.- BRD Patentamt 2505688, Anmeldetag 11.02. '75, Offenlegungstag 13.08.1976.
6. Гончаров, А.Н., Шутилина, В.В., Черкасов, О.Т.: Устройство для проверки и настройки тарированных ключей.- Авт. свид. СССР № 721684 с приоритет от 03.03.1978. Бюлл. №10, 13.03.1980 /опубл. 15.03.1980/.
7. Гарушев, П.Р., Утев, Д.И.: Метод и устройство за проверка на динамометрични ключове.- Искане за авт. свид. НРБ №74564 с приоритет от 27.08.1985.

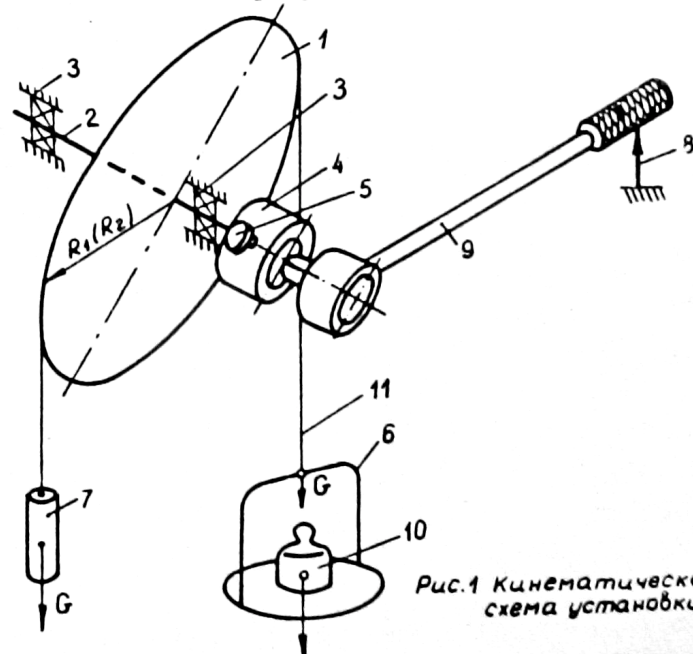


Рис.1 Кинематическая схема установки