

Балансиране на ротори в една равнина със измервания на вибрациите в повече точки

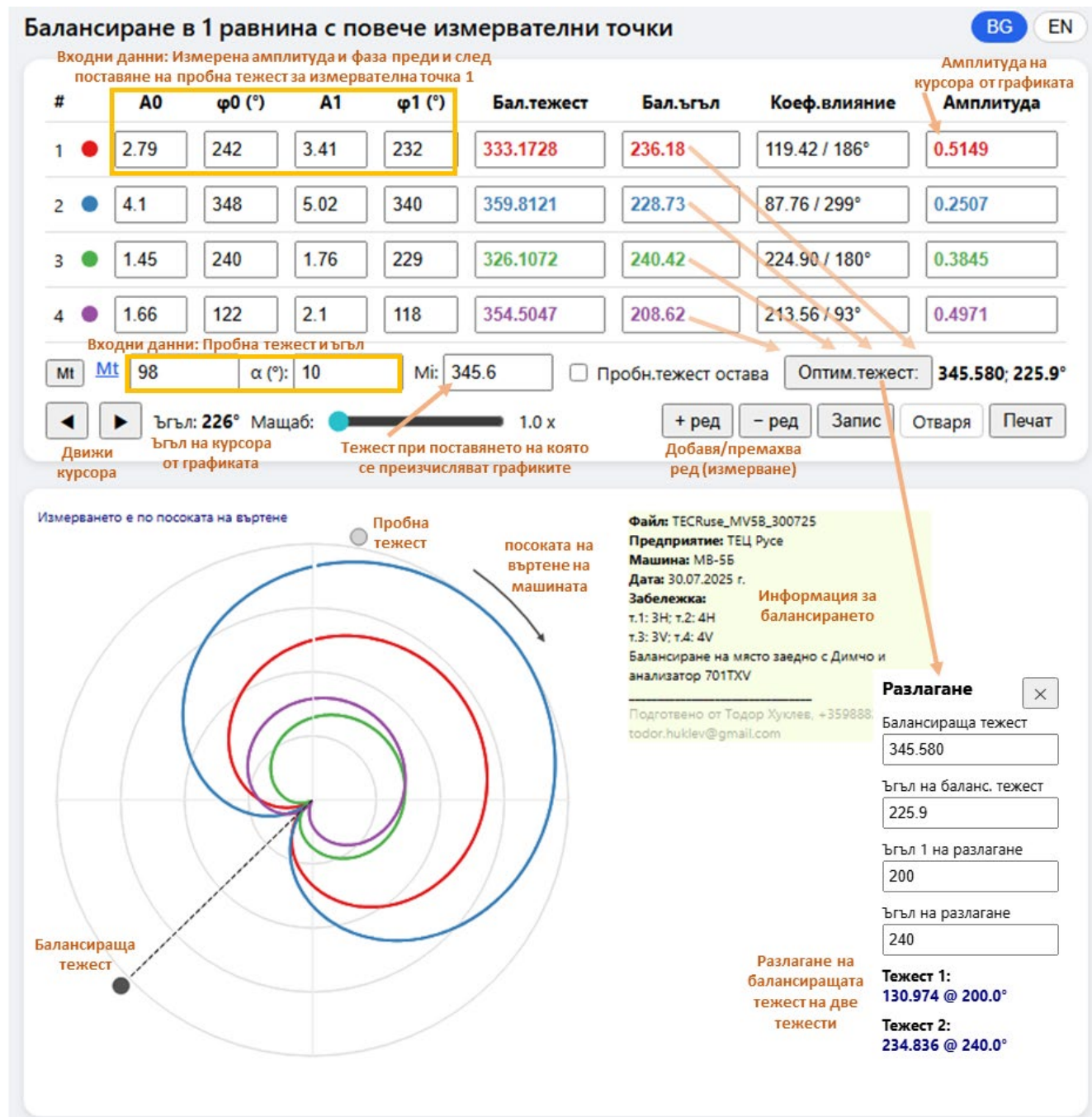
Такъв вид балансиране е необходимо при някои видове машини, които се балансират на място. При такива машини има някакъв друг проблем свързан с разхлабване, конструктивен проблем или друго. В тези случаи поради ред причини този проблем не може да бъде отстранен преди балансирането на място. При тях при балансиране може да се получи така, че вибрациите в една точка на измерване намаляват, но в даден момент в друга точка започват да се вдигат. Тогава е необходимо да се постави такава балансираща тежест при която вибрациите са минимални във всички измервателни точки.

Възможности на приложението за балансиране:

- Изчисляване на дебаланса с възможност да се оптимизира според няколко точки на измервания на машината - в различно направление (вертикално и хоризонтално) и на различни лагерни опори.
- Намиране на оптималната балансираща тежест и ъгъл, чрез минимизация на енергията на вибрациите на всички измерени точки по метода на най-малките квадрати с комплексни числа. Тази стойност преди се търсеше ръчно от графиките, сега се изчислява автоматично.
- Пробната тежест остава/ не остава
- Ъгъл на тежестите в зависимост от това дали измерването е по посоката на въртене или обратно
- Изчисляване на необходимата пробна тежест
- Запис на данните от балансирането във файл и зареждане на записаните данни от файл
- Език английски/български
- Печат и запис в pdf файл

Приложението е универсално и работи на:
Windows; macOS; Linux; ChromeOS; Android; iOS.

Описание на приложението



За инсталиране трябва да се зареди в браузер Chrome. След което в горния десен ъгъл на браузера излиза икона за инсталиране. Може съответно да се инсталира на компютър, лаптоп, таблет или телефон под операционни системи: Windows 10/11; macOS; Linux; ChromeOS; Android; iOS.

Оптимизация и за намиране на балансиращата тежест

Моделът за всяка измервателна точка

За всеки ред i (измервателна точка) имаме:

- базов вектор на вибрацията (след махане или оставане на пробната маса):

$$z_{0,i} \quad (\text{complex})$$

- комплексен коефициент на влияние:

$$s_i \quad (\text{complex, от } A_0 \rightarrow A_1 \text{ с пробна маса})$$

Ако сложим някаква **коригираща маса** (m) (също комплексно число – маса + ъгъл), вибрацията в i -тата точка става:

$$z_i(m) = z_{0,i} + s_i m$$

Целта е да намерим **едно общо m** за всички точки, така че **общата вибрация да е минимална**.

Какво минимизираме?

Най-естественият критерий е сумата от квадратите на амплитудите:

$$J(m) = \sum_{i=1}^n |z_i(m)|^2 = \sum_{i=1}^n |z_{0,i} + s_i m|^2$$

Това е „енергията“ на вибрациите във всички точки.

Искаме:

$$m_{\text{opt}} = \arg \min_m J(m)$$

Получената формула за оптималното комплексно m_{opt}

Класическия резултат (комплексен метод на най-малките квадрати) дава **затворена формула**:

$$m_{\text{opt}} = - \frac{\sum_{i=1}^n \bar{s}_i z_{0,i}}{\sum_{i=1}^n |s_i|^2}$$

където:

- $\bar{s}_i$ е комплексно-съпрегнатото на s_i
- $|s_i|^2 = s_i \bar{s}_i$

След това вече:

- модул на коригиращата маса:**

$$M_{\text{opt}} = |m_{\text{opt}}|$$

- ъгъл на коригиращата маса:**

$$\theta_{\text{opt}} = \arg(m_{\text{opt}})$$

Тук трябва да се има в предвид, че критерия за минимизация по най-малките квадрати не дава в абсолютна точност най-доброто решение. Това е така, защото се минимизира друга функция - сумата от квадратите, докато ние търсим минимума на реалните амплитуди.

За целта е направена допълнителна оптимизация след използването на този критерий.