

УДК 621.8-1/-9:62-272.4

Пастухов А.Г., доктор технических наук, профессор
*Белгородский государственный аграрный университет
имени В.Я. Горина, г. Белгород, Российская Федерация*

ОБОСНОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКОГО ЗВЕНА СИЛОВОГО КОНТУРА ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА

***Аннотация.** Представлено решение по обоснованию параметров конструктивного элемента в виде тонкостенной втулки, на которой устанавливается тензометрическое звено для измерения крутящего момента в силовом контуре испытательного стенда. Полученное решение позволяет убедиться в достоверности показаний при тарировке и использовании тензометрического звена при испытаниях на стенде.*

Постановка проблемы. К основному аспекту технологической модернизации сельского хозяйства России относится повышение надежности транспортных и технологических машин, используемых в агропромышленном комплексе страны. Вопросы испытаний и контроля надежности связаны с решением задач по определению надежности узлов и агрегатов сельскохозяйственных машин и оборудования. Наиболее эффективными с точки зрения затрат и качества полученного результата являются стендовые ускоренные испытания в условиях наиболее полного моделирования эксплуатационных режимов нагружения [1]. Ускоренные испытания на надежность проводят, как правило, либо уплотненными по времени, либо учащенными испытаниями, либо ужесточенными по нагрузке. Описанные разновидности условий испытаний поднимают вопрос обеспечения прочности и жесткости деталей и узлов конструкции испытательного стенда. Кроме того, необходимо обеспечить достоверность измерений параметров нагруженности при испытаниях, в частности, по крутящему моменту. В этой связи постановка задачи обоснования

конструктивных параметров чувствительного элемента в виде втулки с целью обеспечения надежной чувствительности тензометрического звена, расположенного на наружной цилиндрической поверхности упомянутой втулки является актуальной.

Анализ исследований и публикаций. Разработке методов и технических средств стендовых испытаний посвящены работы И.Н. Величина, Л.М. Клятиса, Ю.Н. Ломоносова и других ученых и практиков [1-3]. Однако в данных работах небыли показаны вопросы конструирования и обеспечения работоспособности измерительных звеньев, в частности, тензометрических.

Цель и задачи исследований. На основании изложенного выше цель настоящей работы – выполнить из расчета на прочность при кручении определение геометрических параметров измерительного чувствительного элемента.

Для достижения поставленной цели следует решить задачи: 1) выявить форму и вид нагрузки на чувствительный элемент силового контура стенда; 2) определить минимально необходимые геометрические параметры чувствительного элемента.

Основной материал исследований. При кручении полого вала в нем возникает плоское напряженное состояние чистого сдвига, причем главные деформации направлены под углом 45 к оси вала. Так как, главные деформации равны между собой по величине и противоположны по знаку, то формула определения главных напряжений опытным путем имеет следующий вид [4]

$$\sigma_1 = -\sigma_3 = \frac{E}{(1+\nu)} \cdot \varepsilon, \quad (1)$$

где σ_1, σ_3 – главные напряжения, МПа;

$E=2 \cdot 10^5$ – модуль продольной упругости стали, МПа;

$\nu=0,28$ – коэффициент Пуассона для стали;

$\varepsilon=\varepsilon_1=-\varepsilon_3$ – главные деформации, измеренные тензорезисторами.

При чистом сдвиге в каждой точке поперечного сечения возникают касательные напряжения, максимальная величина которых равна главным напряжениям $\tau_{max}=\sigma_1=-\sigma_3$ и определяется по зависимости [4]

$$\tau_{\max} = \frac{T_{\max}}{W_p} = \frac{T_{\max}}{\pi D^3 (1 - \alpha^4) / 16}, \quad (2)$$

где T_{\max} – максимальный крутящий момент, Н·м;

W_p – полярный момент сопротивления сечения бруса, м³;

D – наружный диаметр кольцевого сечения, м;

$\alpha = d/D$ – коэффициент отношения диаметров;

d – внутренний диаметр сечения, м.

Деформацию ε определяем по относительному изменению сопротивления тензорезистора, регистрируемого измерителем деформации (ИДЦ-1), по формуле [4]

$$\varepsilon = 2\alpha(n_1 - n_0) / k, \quad (3)$$

где n_0 – начальное показание ИДЦ-1, ед;

n_1 – показание измерителя деформации при нагруженном объекте, ед;

$k=2$ – коэффициент тензочувствительности материала проводника тензорезистора;

$\alpha = 10 \cdot 10^{-6}$ – цена единицы дискретности измерителя деформации, в случае, если внешний полумост имеет два активных тензорезистора – $\alpha/2$.

На основании формул (1) – (3) получаем условие согласования деформации звена с сигналом измерительной цепи в следующем виде

$$\frac{\tau_{\max}}{W_p} \leq \frac{E[2\alpha(n_1 - n_0) / k]}{(1 + \nu)}. \quad (4)$$

Тогда из условия прочности (4) формула для определения размеров тензозвена имеет вид

$$W_p \geq \frac{T_{\max}(1 + \nu)}{E[2 \cdot 0,5 \cdot \alpha(n_1 - n_0) / k]}. \quad (5)$$

Вычислим минимальное значение момента сопротивления по формуле (5), задаваясь значениями режима нагружения $T_{\max} = 3,0$ кНм и тарировочного диапазона $(n_1 - n_0) = 100$ еод (единиц относительной деформации), откуда получаем

$$W_p \geq \frac{T_{\max}(1+\nu)}{E[2\alpha(n_1 - n_0)/k]} \geq \\ \geq \frac{3,0 \cdot 10^3 \cdot (1+0,28)}{2 \cdot 10^{11} \cdot [2 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 100/2]} \geq 3,84 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

Выводы. Исходя из конструктивных соображений при $\alpha=0,9$ принимаем размеры поперечного сечения тензоэлемента равными $D=84$ мм и $d=74$ мм, при которых $W_p=4,65 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$, что не противоречит условию (5).

Таким образом, на основании выполненного расчета нами подтверждена достаточность принятых геометрических параметров при изготовлении чувствительного элемента силового контура стенда в виде тонкостенной втулки.

Список использованной литературы

1. Величкин, И.Н. Ускоренные испытания – залог конкурентоспособности техники / И.Н. Величкин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1999. - № 3. – С. 41-43.
2. Клятис, Л.М. Особенности разработки и применений испытательных стендов / Л.М. Клятис, Б.Ш. Хабатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1990. - № 5. – С. 4-5.
3. Пастухов, А.Г. Усовершенствованные стенды для ресурсных испытаний карданных передач / А.Г. Пастухов // Автомобильная промышленность. – 2008. - № 5. – С. 35-37.
4. Биргер, И.А. Расчет на прочность деталей машин: справочник / И.А. Биргер, Б.Ф. Шорр, Г.Б. Иосилевич. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1993. – 640 с.

Abstract. Presents decision on the justification of the parameters of the structural element in the form of a thin-walled sleeve, which is installed strain gauge bridge for torque measurement in the power circuit of the test stand. The solution allows you to verify the reliability of the readings in the calibration and use of strain level during testing on the bench.