

Таким образом, выше определена расчетная потребная величина осевого усилия F_o для обкатывания. Для выявления данной величины, обеспечивающей наилучшие условия обкатывания, необходимо осуществить пробные проходы обработки с установкой расчетной величины осевого усилия F_o .

Для обкатывания с расчетным усилием следует обеспечивать предварительное сжатие пружины до расчетной величины, ориентируясь на величину ее сжатия в соответствии с тарировочным графиком.

В результате обработки с использованием устройства для комбинированной обработки резанием и ППД с регламентированной величиной осевого усилия будет обеспечиваться получение заданной точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей вне зависимости от размера под обкатывание обрабатываемых заготовок.

Технический результат, получаемый от использования данной конструкции устройства для комбинированной обработки, заключается в обеспечении шероховатости в пределах $R_a = 0.16...0.32$ мкм, стабильного упрочнения поверхностного слоя и обеспечения точности при обработке устройством для комбинированной обработки резанием и ППД нежестких деталей типа полый цилиндр.

Выводы

Использование устройства для комбинированной обработки резанием и ППД с регламентированным усилием обкатывания роликами [1, 2] при обработке нежестких деталей типа полый цилиндр создает условия для обеспечения требуемой величины шероховатости поверхности, стабильного упрочнения поверхностного слоя обработанной детали и повышения точности обработки.

Литература

1. Патент на полезную модель РФ № 111052.
2. Пини Б.Е., Ветрова Е.А., Максимов Ю.В., Анкин А.В. Устройство для комбинированной обработки резанием и поверхностным пластическим деформированием. Тракторы и сельхозмашины, 2013, №1.
3. Анкин А.В. Повышение производительности и качества комбинированной обработки нежестких валов. Дисс. ... к.т.н., - М., МАМИ, 1993.
4. Максимов Ю.В. Обеспечение качества и производительности обработки нежестких валов применением технологических систем с дополнительными контурами связи. Дисс. ... д.т.н., - М., МГТУ «МАМИ», 2000.
5. Смелянский В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием. М.: Машиностроение, 2002. 300 с.
6. Смелянский В.М. Механика упрочнения поверхностного слоя деталей машин в технологических процессах поверхностного пластического деформирования. М.: Объединение «МАШМИР», 1992. 60 с.

Метрологическое обеспечение испытаний экспериментальных коробок передач автобусов

к.т.н. проф. Грибанов Д.Д., Греку М.В., Михайлова Л.В.
Университет машиностроения
(916)805-71-86, smis@mami.ru

Аннотация. В статье рассматриваются результаты исследования механической коробки передач (КП) для автобусов, с целью определения времени переключения передач. На основании результатов испытаний было принято решение рекомендовать испытанную коробку передач для использования на городских и междугородних автобусах.

Ключевые слова: единство измерений, многократные измерения, (КП) коробка передач

Этап испытаний любого вновь создаваемого технического изделия является одним из важнейших для всего его жизненного цикла. Только в результате экспериментальных исследований могут быть определены фактические значения параметров изделия. Полученные значения характеристик должны быть качественными и обладать требуемой достоверностью при заданной вероятности. Это может быть достигнуто только при соответствующем метрологическом обеспечении испытаний.

Под термином "метрологическое обеспечение" традиционно понимается комплекс мероприятий по установлению и применению научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений [1]. Исходя из этого определения, под метрологическим обеспечением испытаний следует понимать комплекс мероприятий по установлению и применению в процессе испытаний научных и организационных основ, соответствующего испытательного и вспомогательного оборудования, необходимых средств и методик выполнения измерений, требуемых для достижения единства и установленной точности измерений при заданной доверительной вероятности.

Единство измерений как одно из составляющих метрологического обеспечения – это такое состояние измерений, при котором результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности измерений не выходят за границы допустимых с заданной доверительной вероятностью.

Единство измерений необходимо для того, чтобы можно было сопоставить результаты измерений, выполненных в разных местах, в разное время, с использованием разных методов и средств измерений. Важнейший элемент единства измерений – соблюдение единообразия средств измерений путем их градуировки в узаконенных единицах физических величин и обеспечения соответствия их характеристик заданным требованиям.

Вторая составляющая метрологического обеспечения – точность измерений [2]. Она характеризуется близостью результатов измерений к истинному значению измеряемой величины и достигается установлением норм точности и аттестацией методик выполнения измерений. Содержание работ по метрологическому обеспечению испытаний схематично представлено на рисунке 1.

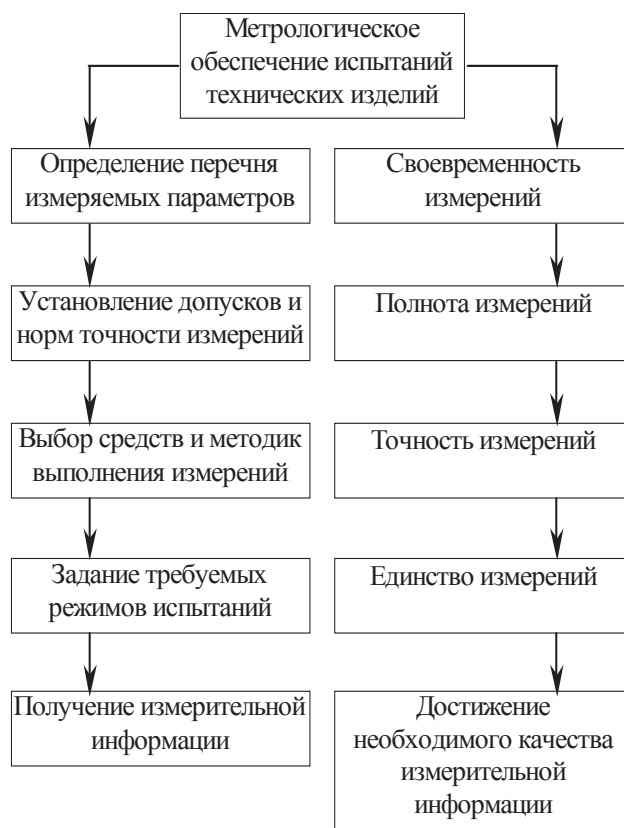


Рисунок 1. Содержание работ по метрологическому обеспечению испытаний

Целью метрологического обеспечения испытаний является получение качественных и надежных результатов измерений характеристик испытываемых изделий [3]. Без достижения этой цели невозможно достичь высокого качества разрабатываемых изделий. Используя высоко точные средства и методики выполнения измерений, можно получить результаты измерений с очень высокой точностью. Однако достоверными их можно считать только в том случае, если они получены при вполне определенных внешних задающих факторах и (или) нагрузках. Другими словами, необходимо задавать и выдерживать режимы испытаний с требуемой точностью. Погрешность задания и выдерживания режима испытаний определяется свойствами (характеристиками) испытательного оборудования. Эти свойства могут быть определены и гарантированы в процессе эксплуатации только в результате аттестации испытательного оборудования [4].

Одной из особенностей трансмиссий обычных городских автобусов и городских автобусов повышенной вместимости является то, что коробка передач находится на значительном удалении от органов управления. В связи с этим большое значение приобретает такой параметр, как время включения (переключения) передач t , т. е. промежуток времени между началом переключения органа управления водителем и полным включением требуемой передачи.

Можно представить этот промежуток как сумму двух составляющих: время прохождения сигнала от органа управления, перемещаемого водителем, до коробки передач и время отработки этого управляющего сигнала в самой коробке передач. В случае применения электропневматической системы управления переключением передач управляющий электрический сигнал поступает от органа управления водителя непосредственно в коробку передач, т. е. время прохождения сигнала до коробки передач настолько мало, что им можно пренебречь. В связи с этим экспериментально исследовались характеристики самой коробки передач и исполнительных органов, расположенных непосредственно в ней. В процессе экспериментальных исследований измерялся целый ряд параметров и проводилась оценка погрешности каждого измеряемого параметра. В связи с тем, что эта оценка осуществлялась по одному и тому же алгоритму, в качестве примера приводится только определение среднего значения времени переключения с III на IV передачу и оценка погрешности этого значения. Оценка погрешности среднего значения времени переключения с III на IV передачу проводилась по результатам многократных измерений. Количество измерений определялось тем, что величина полученной случайной составляющей погрешности результатов измерений Δ^0 должна быть меньше допустимой $\Delta_{\text{доп}}^0$, т. е. $\Delta^0 < \Delta_{\text{доп}}^0$. Причем, желательно, чтобы значение Δ^0 не превышало $\frac{1}{3} \cdot \Delta_{\text{доп}}^0$.

Число измерений n с учетом условия $\Delta^0 \geq \frac{1}{3} \cdot \Delta_{\text{доп}}^0$ определялось из соотношения [5]:

$$n \geq \frac{t_p \cdot \sigma_x^2}{\sigma_{\text{доп}}^2},$$

где: t_p – коэффициент Стьюдента;

σ_x^2 – дисперсия результата единичного измерения, определенного теоретически на основании паспортных характеристик испытательного оборудования, метрологических характеристик средств измерения и погрешностей, обусловленных методикой выполнения измерения;

$\sigma_{\text{доп}}^2$ – дисперсия допустимых погрешностей измерений.

В рассматриваемом случае при принятой доверительной вероятности $p=0,95$ и заданной допустимой погрешности число измерений n должно быть не менее 25.

За основу принимается обычная методика многократных измерений, заключающаяся в том, что устанавливался исследуемый режим испытаний коробки передач, проводились измерения, затем режим изменялся, вновь устанавливался, и измерения повторялись. Затем по-

лученные результаты многократных измерений должны подвергаться обработке в соответствии с правилами обработки случайных величин.

Как известно, конечной задачей обработки результатов любых измерений является получение оценки истинного значения измеряемой физической величины и погрешности измерения при заданной доверительной вероятности.

Обработка результатов многократных измерений должна проводиться по следующему алгоритму:

1. Результаты многократных измерений выстраиваются в вариационный ряд, в котором:
2. Определяется среднее значение результатов измерений

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{i=n} X_i .$$

3. Определяется среднее квадратическое отклонение результатов измерений

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (\bar{X} - X_i)^2}{n-1}} .$$

4. Проводится оценка наличия в результатах измерений грубых погрешностей. За грубые погрешности принимались такие, значения которых превышали значение $3\sigma_{\bar{X}}$.
5. В случае наличия грубых погрешностей они исключаются и вновь проводятся работы по п.п. 2...4.
6. Проводится анализ наличия систематических погрешностей. Этот анализ удобно проводить с помощью критерия Аббе.
7. В случае наличия систематических погрешностей в результатах измерения они из них исключаются путем введения соответствующих поправок.
8. Учитываются не исключенные систематические погрешности (НСП).
9. Определяется значение отношения $\frac{\theta}{S_{\bar{X}}}$, где: θ – систематическая погрешность результата

измерения; $S_{\bar{X}}$ – несмещенная оценка среднего квадратического отклонения $S_{\bar{X}} = \frac{S_x}{\sqrt{n}}$,

где: $S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$.

10. Проверяется гипотеза о нормальности распределения результатов измерений (например, с помощью составного критерия).
11. Вычисляются доверительные границы случайной составляющей погрешности результата измерения $\Delta = \pm t_p \cdot S_{\bar{X}}$.

12. Определяются границы НСП $\theta = 1,1 \cdot \sqrt{\sum_{j=1}^{j=m} \theta_j^2}$, где m – число составляющих НСП.

13. В случаях, когда $\frac{\theta}{S_{\bar{X}}} < 0,8$ систематической погрешностью пренебрегают, и принимают

$$\Delta = \Delta^0 = \pm t_p \cdot S_{\bar{X}} .$$

При $\frac{\theta}{S_{\bar{X}}} > 8,0$ пренебрегают случайной составляющей погрешности результата измерения, и принимают $\Delta = \pm \theta$.

Если выполняется условие $0,8 < \frac{\theta}{S_{\bar{X}}} \leq 8,0$, доверительные границы погрешности опре-

деляют по следующим выражениям:

$$\Delta = \gamma \cdot S_{\Sigma}, \text{ где: } \gamma = \frac{\Delta + \theta}{S_{\bar{X}} + S_{\theta}}; S_{\theta} = \sqrt{\frac{1}{3} \cdot \sum_{j=1}^m \theta_j^2}; S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\bar{X}}^2 + S_{\theta}^2}.$$

В результате такой обработки действительное значение измеряемой величины получается как среднее значение исправленных результатов многократных измерений, а границы доверительного интервала погрешности результатов принимается равным $\pm \Delta$.

Для примера рассмотрим результаты измерений при испытаниях механической КП с целью определения времени переключения передач.

Результаты 25 кратных измерений времени τ переключения с III на IV передачу представлены в таблице 1. Обработка результатов измерения представлена в таблице 2.

Таблица 1

Исходный массив результатов многократных измерений

X_i	1	2	3	4	5
X_i	1,242000	1,246643	1,250214	1,253786	1,27194898
X_i	6	7	8	9	10
X_i	1,275622449	1,279142857	1,281897959	1,302102041	1,306387755
X_i	11	12	13	14	15
X_i	1,31	1,320714286	1,217000	1,223000	1,229429
X_i	16	17	18	19	20
X_i	1,236214	1,257357143	1,260928571	1,264602041	1,26827551
X_i	21	22	23	24	25
X_i	1,284959184	1,289244898	1,293530612	1,297816327	1,33

Таблица 2

Сводная таблица обработки результатов измерения

№	X_i	$ X_i - \bar{X} $	$(X_i - \bar{X})^2$
1	1,217	0,055	0,0030
2	1,223	0,049	0,0024
3	1,229	0,042	0,0018
4	1,236	0,035	0,0013
5	1,242	0,030	0,0009
6	1,247	0,025	0,0006
7	1,250	0,021	0,0005
8	1,254	0,018	0,0003
9	1,257	0,014	0,0002
10	1,261	0,011	0,0001
11	1,265	0,007	0,0001
12	1,268	0,003	0,0000
13	1,272	0,000	0,0000
14	1,276	0,004	0,0000
15	1,279	0,007	0,0001
16	1,282	0,010	0,0001
17	1,285	0,013	0,0002
18	1,289	0,018	0,0003
19	1,294	0,022	0,0005
20	1,298	0,026	0,0007
21	1,302	0,030	0,0009
22	1,306	0,035	0,0012
23	1,310	0,038	0,0015
24	1,321	0,049	0,0024
25	1,330	0,058	0,0034
Σ	31,793	0,622	0,0223

Здесь $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$; $\bar{X}=1,27$.

- *Определение и исключение грубой погрешности*

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i' - \bar{X})^2} = 0,0305. \quad \bar{X} - 3 \cdot \sigma = 1,1803, \quad \bar{X} + 3 \cdot \sigma = 1,3616. \quad 1,1803 \leq X_i \leq 1,3616.$$

- *Построение гистограммы*

При числе интервалов $h=7$, шаге $\Delta X = \frac{X_n - X_1}{h} = 0,02143$.

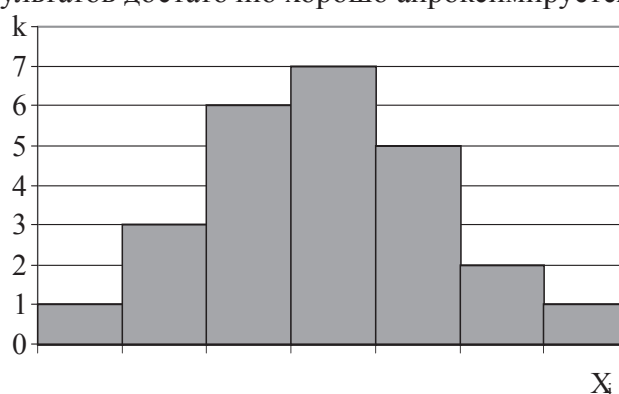
Интервалы представлены в таблице 3.

Таблица 3

Значения интервалов

j	Интервал	k
1	1,200...1,221	1
2	1,221...1,243	3
3	1,243...1,264	6
4	1,264...1,286	7
5	1,286...1,307	5
6	1,307...1,329	2
7	1,329...1,350	1

На рисунке 2 представлена гистограмма результатов измерений, по которой видно, что распределение этих результатов достаточно хорошо аппроксимируется нормальным законом.

**Рисунок 2. Гистограмма результатов измерений времени переключения**

- *Определение границ доверительного интервала*

Значение коэффициента t для случайной величины имеющей распределение Стьюдента с 24 степенями свободы при $p=0,95$ равно 2,064.

$$\Delta = t_p \cdot \sigma = 0,0629 \quad (\sigma = 0,0305).$$

Результаты обработки 25-кратных измерений времени переключения с III на IV передачу показали, что его среднее значение составит 1,27 с, а верхняя и нижняя границы доверительного интервала $\Delta = \pm 0,063$. Таким образом, время переключения с III на IV передачу $\tau = (1,270 \pm 0,063)$ с при $p=0,95$.

На основании результатов испытаний было принято решение рекомендовать испытанную коробку передач для использования на городских и междугородних автобусах.

Литература

1. ГОСТ Р 1.25-97. ГСС.
2. Под общей редакцией Зайцева С.А. Метрология. М: Изд. «ФОРУМ», 2011. 403 с.
3. Сычов Е.И., Храменков В.Н., Шкитин А.Д. Основы метрологии военной техники. М: Военное издательство, 1993. 398 с.
4. Грибанов Д.Д. Аттестация испытательного оборудования. М: «МАМИ», 2006.
5. Грибанов Д.Д. Основы метрологии. М: «МАМИ», 2009. 198 с.