

УДК 621.7.08:378.14

**ОРГАНИЗАЦИЯ ПОВЕРКИ И АТТЕСТАЦИИ ПРИБОРОВ
ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В ЛАБОРАТОРИИ
ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ И МЕТРОЛОГИИ ВОЛОГОДСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА (ВОГУ)**

Старостин А.В., Бриш В.Н., Осипов Ю.Р.

Вологодский государственный университет, Вологда, e-mail: alexandr-vstu@yandex.ru

Настоящая статья посвящена организации исследования при проведении ведомственной поверки и аттестации группы приборов для измерения линейных размеров в учебной лаборатории вуза. Поверка и аттестация приборов предполагает измерение метрологических характеристик. Основной характеристикой точности прибора является погрешность измерения. Значения предельной и допускаемой погрешностей измерения были получены в результате проведения экспериментальных исследований и обработки данных с применением теории вероятности и математической аттестации. В группу приборов для аттестации с определением погрешности измерения входили в основном рычажные скобы, рычажные микрометры и измерительные скобы (типа индикаторных скоб), у которых измерительные головки были заменены на более точные головки с ценой деления 0,001 и 0,002 мм. Результаты проведения исследований представлены в сводной метрологической карте, в которой также указаны характеристики базовой выборки при проведении обработки экспериментальных данных. Значение предельной погрешности измерения (Δ_{lim}) является показателем аттестации прибора, которое учитывается при работе на приборе.

Ключевые слова: аттестация прибора, поверка прибора, погрешность измерения, метрологическая карта, метрологическая характеристика

**ORGANIZATION OF VERIFICATION AND ATTESTATION OF DEVICES
FOR LINEAR MEASUREMENTS IN THE LABORATORY OF INTEROPERABILITY
AND METROLOGY, VOLOGDA STATE UNIVERSITY (VSU)**

Starostin A.V., Brish V.N., Osipov Yu.R.

Vologda State University, Vologda, e-mail: alexandr-vstu@yandex.ru

This article is devoted to the organization of research in conducting departmental verification and attestation of the group of devices for measuring of linear dimensions in the educational laboratory of the University. Verification and attestation of devices involves measurement of metrological characteristics. The main characteristic of accuracy of device is measurement error. The value and limit of permissible error of measurement was obtained by experimental research and data processing with application of the theory of probability and mathematical attestation. In group of devices for attestation with definition of measurement error was mainly of a lever clip, lever micrometers and the measuring clip (type of indicator clip), in which the measuring heads were replaced by a more accurate heads with a scale division of 0.001 and 0.002 mm. The results of the research are presented in the summary of the metrological map, which also shows the characteristics of the basic sample during processing of the experimental data. The maximum error of measurement (Δ_{lim}) is an indicator of attestation of device that takes account when working on the device.

Keywords: attestation of device, verification of device, measurement error, metrological map, metrological characteristic

Важной формой государственного контроля за измерительной техникой является государственная и ведомственная поверка и аттестация средств измерений, которая служит для установления их метрологической исправности. Государственная поверка осуществляется центрами стандартизации и метрологии. Приборы, с помощью которых проводятся научные исследования, должны поверяться в ЦСМ. На предприятиях очень много средств измерений (СИ), которые аттестуются и поверяются на месте своими метрологическими службами. Но для этого нужны специалисты, владеющие методикой проведения аттестации и ведомственной поверки. Поэтому при изучении в вузе дисциплин метрологического цикла,

в частности дисциплин «Метрологическое обеспечение производства», «Управление качеством в машиностроении», «Технические измерения и приборы», вводятся лабораторные работы по проведению ведомственной поверки СИ, чтобы в процессе обучения студенты приобрели некоторые, хотя бы начальные, навыки. Проведение данной лабораторной работы можно рассматривать как деловую игру, приближенную к условиям производства. При вводном инструктаже студентам преподаватель объясняет, что проведенные ими исследования будут рассматриваться как результаты очередной ведомственной поверки или аттестации средств измерений, применяемых в учебном процессе, и обращает внимание

на то, что все заполненные документы будут носить официальный внутривузовский характер. Перед каждым студентом ставится индивидуальная задача – провести ведомственную поверку приборов или контрольно-измерительных приспособлений (КИП) и заполнить соответствующие документы. Обычно эту работу выполняют студенты выпускных курсов.

Но перед внедрением таких конкретных лабораторных работ в учебный процесс необходимо провести организационную работу: подготовить рабочие образцы и эталоны, бланки отчетности и предварительно составить сводные метрологические карты приборов с указанием начальной предельной погрешности измерения. Кроме того, лаборатория взаимозаменяемости и метрологии ВоГУ приобрела ряд приборов для линейных измерений, в том числе измерительные скобы (изготовитель Легион Инпром, г. Нижний Новгород), у которых планируется заменить отсчетные устройства (индикаторные головки с ценой деления 0,01 мм) на более точные и надежные головки – микаторы с ценой деления 0,002 мм и микаторы с ценой деления 0,001 мм. После установки новых головок приборы необходимо аттестовать, т.к. при замене отсчетного измерительного устройства погрешность измерения меняется.

При ведомственной поверке официально уполномоченным органом является служба метрологии предприятия или лицо, отвечающее за метрологическое обеспечение на предприятии (организации), в данном случае кафедре технологии машиностроения.

Ведомственная поверка – это периодическая поверка имеющихся приборов, проводимая по графику, утвержденному руководителем предприятия (кафедры).

Начальная погрешность измерения этих приборов известна и представлена в документах прибора или специальной карточке учета.

При ведомственной поверке заполняется карта наружного осмотра прибора, затем на основании экспериментальных данных определяется погрешность измерения. При необходимости могут определяться и другие метрологические характеристики. Метод определения зависит от типа проверяемого прибора. Довольно часто применяется метод непосредственного сличения с эталоном или эталонными приборами. Самым простым и надежным является метод многократных равноточных измерений для получения выборки. Объем выборки (n) устанавливается в зависимости от косвен-

ных показателей точности прибора: цены деления и чувствительности, а также от трудоемкости измерений. Математическая обработка результатов измерений состоит из определения статистических характеристик и будет изложена далее.

Ведомственная аттестация обычно проводится для приборов после их ремонта, модернизации отдельных узлов или замены отсчетных устройств, т.е. в случаях, когда требуется определить погрешность измерения заново.

Аттестация проводится по статистическим характеристикам \bar{X} , S , α_0 , τ_0 , полученным при обработке результатов эксперимента. Анализируется совпадение эмпирической кривой с теоретической кривой нормального распределения. В процессе аттестации следует установить и по возможности учесть или исключить систематические погрешности. Для сопоставления можно воспользоваться классификацией типовых эмпирических кривых распределения погрешностей, представленных в литературе [3, 4, 5]. Рекомендуется составлять паспорт аттестации установленной формы.

При выполнении лабораторной работы студенты должны освоить последовательность операций при поверке и аттестации, провести измерения, сделать выводы о пригодности или непригодности прибора, инструмента или КИП к дальнейшей работе.

Самым главным метрологическим показателем при поверке и аттестации прибора является предельная погрешность измерения Δ_{lim} , значение которой для новых приборов дается в специальных справочниках, таблицах и технической литературе [3].

Величину Δ_{lim} необходимо знать, т.к. по ее значению выбираются оптимальные средства измерения [3], с учетом Δ_{lim} определяют действительные размеры и делают заключение о годности детали. С износом прибора величина предельной погрешности увеличивается, поэтому через определенные интервалы времени для каждого рабочего прибора проводится поверка с определением величины Δ_{lim} . Это должен усвоить каждый студент. При выполнении данной работы студенту вместе с прибором, паспортом прибора, эталоном и рабочим образцом выдается учебное пособие, в котором дана методика проведения поверки, и бланки заключения о годности прибора или извещения о его непригодности [4]. Лабораторная работа по проведению ведомственной поверки и аттестации прибора отлично вписывается в методику интерактивного

обучения студентов – проведение деловых игр или обучение в сотрудничестве (исследовательская работа в группе как элемент деловой игры: на основании проведенных экспериментов и обработки данных делается заключение, заполняются «официальные» для вуза документы: свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению со всеми подписями и датами).

Студент определяет опытным путем погрешность измерения Δlim , сравнивает с существующими величинами и делает вывод. По результатам поверки в отдельных случаях прибор может быть переведен в низший класс (например: микрометр гладкий из I класса может быть переведен во II класс), или должна быть указана погрешность измерения, которая должна учитываться при дальнейшей эксплуатации прибора.

В лекционном курсе студенты изучают составляющие погрешности измерения и методику определения погрешности экспериментальным путем. Для определения Δlim и δ (допускаемая погрешность измерения) применяется стандартная методика определения статистических характеристик \bar{X} , S , α_0 , τ_0 по результатам математической обработки экспериментальной выборки.

При нормальном законе распределения допускаемая погрешность измерения δ принимается равной $\pm 2S$ при доверительной вероятности 0,95; предельная погрешность измерения $\Delta \text{lim} = \pm 3S$, при доверительной вероятности 0,9973.

Величина S – это среднее выборочное квадратическое отклонение, является эмпирическим аналогом теоретического значения σ – среднего квадратического отклонения случайной величины.

Для уточнения закона распределения рекомендуется строить гистограмму, а также эмпирическую (практическую) кривую и теоретическую кривую в одном масштабе [4, 5].

Если полученная эмпирическая кривая значительно отличается от кривой нормального распределения, следует проверить степень близости эмпирического распределения построенной кривой, к теоретическому расчетным путем. Проверка необходима, чтобы быть уверенным в возможности использования вычисленного значения S – среднего выборочного квадратического значения для определения δ и Δlim . По простоте вычислений и точности результата лучшим методом проверки является проверка по критерию согласия А.Н. Колмогорова $P(\lambda)$ [2, 3, 4].

На рис. 1 показаны эмпирическая кривая распределения и кривая нормального

распределения, выполненные в одном масштабе. Характеристики выборки при обработке данных: $\bar{X} = 21,29$ мкм; $S = 2,16$ мкм; $\alpha_0 = +0,134$; $\tau_0 = +0,21$; $n = 28$; $M_0 = 21$ мкм; $n_{M_0} = 10$. По характеру отклонения эмпирической кривой от кривой нормального распределения можно выявить доминирующие факторы, влияющие на величину погрешности измерения, и недостатки конструкции прибора в целом. Сравнение кривых, изображенных на рис. 1, с типовыми кривыми распределения погрешности [5] позволяет сделать вывод, что распределение погрешности измерений соответствует закону Гаусса, но имеется существенное смещение ветвей эмпирической кривой от ветвей теоретической кривой.

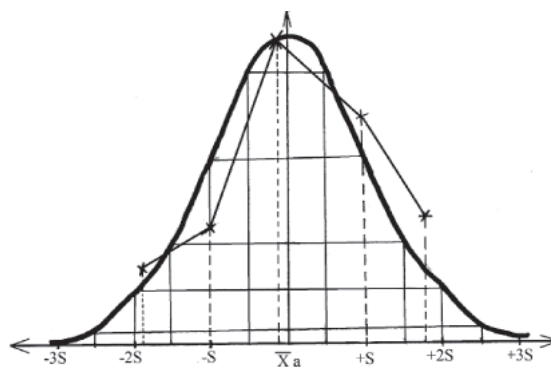


Рис. 1. Теоретическая и эмпирическая кривые, построенные в одном масштабе, при аттестации прибора – миникаторной скобы

Причинами этого смещения являются одностороннее действие зажимных механизмов и повышение давления на измерительный наконечник головки-миникатора (рис. 2). Однако анализ характеристик выборки (таблица, позиция 8) позволяет сделать выводы:

1. Значение α_0 и τ_0 вписываются в интервалы оптимальных значений для закона нормального распределения, проверка по критерию согласия А.Н. Колмогорова не требуется.

2. Предельную погрешность измерения можно рассчитать как

$$\Delta \text{lim} = \pm 3S;$$

$$\Delta \text{lim} = \pm 3 \cdot 2,16 = 6,48 = 6,5 \text{ мкм.}$$

В данной статье представлены результаты проведения ведомственной поверки и аттестации приборов для измерения относительным контактным методом линейных размеров. В таблице представлены метрологические характеристики приборов и характеристики выборки, полученные в результате обработки экспериментальных данных.

Сводная таблица приборов прошедших ведомственную поверку по состоянию на 30 сентября 2016 года

№ п/п	ТИП прибора и завод-изготовитель	Номер заводской инвентарный	Метрологические характеристики					Характеристики выборки					
			Пределы измерения, мм	Диапазон показаний шкалы, мм	Деление i , мм	Цена деления C , мм	Чувствительность $k = \frac{i}{C}$	Пределная погрешность измерения $\pm \Delta_{lim}$, мкм	\bar{X}	S	α_0	τ_0	n
1	Микрометр рычажный, ЧИЗ	G 1084 22-10	0-25	±0,04	0,8	0,001	800	3-3,3	6,4	1,1	0,065	0,28	28
2	Микрометр рычажный, ЧИЗ	G 02640 151926	25-50	±0,07	1	0,001	1000	4,5	-3,2	1,5	0,42	0,26	20
3	Скоба измерительная с головкой микатор, Нижний Новгород	070594680 21-12	0-50	±0,05	1	0,001	1000	±3,5	-11	1,149	-0,43	0,39	28
4	Микрометр рычажный ММС f, Польша	832646 -	0-25	±0,08	0,8	0,002	400	3	-4,1	0,95	0,29	0,3	20
5	Микрометр рычажный МРП-50 ЛИЗ	91050 115962	25-50	±0,07	1	0,001	1000	6	11,2	1,98	0,2	0,18	20
6	Скоба рычажная ММС f, Польша	- 115961	25-50	±0,08	1	0,002	500	4,8	-3,7	1,6	0,28	0,28	20
7	Скоба рычажная, ЛИЗ	55-426 -	0-25	±0,08	1	0,002	500	5	1,65	1,78	0,49	0,25	20
8	Скоба миникаторная, Нижний Новгород	0705946752 2101	0-50	±0,100	1	0,002	500	6,5	21,29	2,16	0,134	0,21	28
9	Скоба рычажная ММС f, Польша	- 26997	0-25	±0,08	0,8	0,002	400	4,5	2,0	1,5	0,21	0,38	28
10	Микрометр рычажный, ЛИЗ	43000 152052	0-25	±0,07	1	0,001	1000	3	-7,3	1,06	0,2	0,31	20
11	Микрометр рычажный, SUNH/DDR	И1041 152044	0-25	±0,140	0,8	0,002	400	5,5	9,1	1,82	0,32	832646	20
12	Микрометр рычажный, VIS, Польша ММСс	832646 -	0-25	±0,02	0,8	0,002	400	6	-6	2,0	0,35	0,46	25
13	Скоба индикаторная, Нижний Новгород	070594673 21-11	0-50	0-10	1	0,01	100	16,5	-14	5,4	0,2	0,18	20

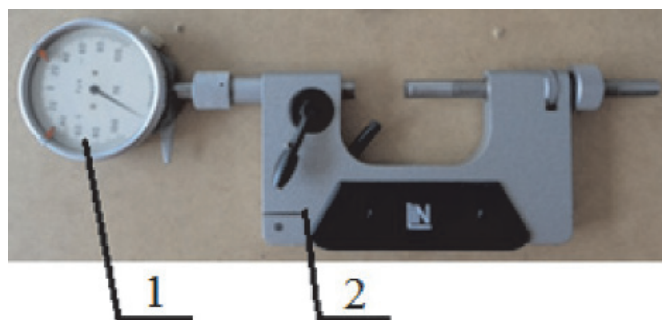


Рис. 2. Скоба миникаторная
(полученная при установке головки миникатора 1 в корпус измерительной скобы 2)

Поверку проводили студенты 4 курса под руководством преподавателя, имеющего специальное удостоверение гос. поверителя по данному типу приборов. Далее студентам было предложено провести анализ изменения погрешностей измерения приборов – скоб измерительных при замене головок (таблица, позиции 3, 8, 13). На скобу № 3 – была установлена головка пружинная – микатор, на скобу № 8 – головка миникатор, на скобу № 13 – головка индикатор часового типа. Все три скобы новые, до установки указанных измерительных головок не эксплуатировались. Результаты исследований по экспериментальному определению погрешностей позволяют сделать вывод о величине погрешностей измерения. При этом следует отметить, что самой надежной и простой в эксплуатации является головка миникатор. Поэтому скобе № 8 было дано название: скоба миникаторная.

На рис. 2 представлена скоба миникаторная, являющаяся фактически новым средством измерения.

В результате исследования следует, что предельная погрешность измерения при замене головки уменьшилась на 10 мкм, но главное, чтение отсчета по прибору стало проще. Студентами проанализированы все плюсы и минусы полученных средств измерений. Проведение такого анализа также

является разновидностью интерактивных методов обучения. Этот метод носит название «прямой мозговой штурм». Полученные разные результаты сравниваются, проводится обсуждение, затем подводятся общие итоги и делаются выводы.

Таким образом, проведение лабораторных работ по ведомственной поверке и аттестации приборов по индивидуальным заданиям формирует у студентов способность мыслить и выдвигать свои идеи, а также тщательно и ответственно обрабатывать результаты эксперимента, зная, что они найдут практическое применение, а вуз, в свою очередь, приобретает помощников для проведения поверок приборов и оборудования, используемых в учебном процессе.

Список литературы

1. Бриш В.Н. Метрология, стандартизация, сертификация: учебное пособие / В.Н. Бриш, А.Н. Сигов, А.В. Старостин. – Вологда: ВоГТУ, 2011. – 131с.
2. Бриш В.Н. Метрологическое обеспечение машиностроительного производства: учебное пособие. – Вологда: ВоГТУ, 2000. – 105 с.
3. Бриш В.Н. Выбор универсальных средств измерения линейных размеров: учебное пособие / В.Н. Бриш, А.Н. Сигов. – Вологда: ВоГТУ, 2008. – 64 с.
4. Бриш В.Н. Метрологическое обеспечение производства. Аттестация типовых приборов и контрольно-измерительных приспособлений: методические указания по выполнению лабораторных работ / В.Н. Бриш, А.Н. Сигов. – Вологда: ВоПИ, 1998. – 27 с.
5. Каплунов Р.С. Точность контрольных приспособлений. – М.: Машиностроение, 1968. – 219 с.