

О МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ТЕРМИНАХ В ГЕОДЕЗИИ

В.М. Зимин (МИИГАиК, Военно-научное общество Культурного центра ВС РФ им. М.В. Фрунзе)

В 1951 г. окончил Ленинградское военно-топографическое училище по специальности «геодезия». После окончания училища служил триангулятором в одном из отрядов Военно-топографической службы ВС СССР. В 1959 г. окончил геодезический факультет Военно-инженерной академии им. В.В. Куйбышева по специальности «инженер астрономо-геодезист». Затем работал на кафедре геодезии и астрономии академии, с 1978 г. — в 29-м НИИ МО СССР старшим научным сотрудником отдела стандартизации и метрологии, с 1986 г. — в Госстандарте СССР старшим представителем Госприемки по контролю деятельности предприятия в области стандартизации и метрологии на часовом заводе. С 1990 г. работает в МИИГАиК, в настоящее время — профессор кафедры высшей геодезии. Кандидат технических наук. Член секции Военно-топографической службы Военно-научного общества Культурного центра ВС РФ им. М.В. Фрунзе.

«Три пути у человека, чтобы разумно поступать: первый, самый благородный, — размышление; второй, самый легкий, — подражание; третий, самый горький, — опыт»
Конфуций, мыслитель древнего Китая (VI в. до н.э.)

«Истина есть дочь времени, а не авторитета»
Фрэнсис Бэкон (1561–1626), английский философ

Роль измерений физических величин в науке хорошо определил основоположник отечественной метрологии Д.И. Менделеев, сказав, что «наука начинается с тех пор, как начинают измерять. Точная наука немислима без меры». Теоретической основой измерений является метрология — наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Известно наставление Петра I: «Все прожекты зело исправны быть должны, дабы казну зряшно не разорять и отечеству ущерба не чинить. Кто прожекты станет абы как ляпать, того чина лишу и кнутом драть велю».

Метрология тесно связана со стандартизацией. Возникшие первые в человеческой практике стандарты — алфавиты, меры длины и веса, правила и нормы общения — способствовали лучшему взаимопониманию людей разных стран.

Большой опыт педагогической и научно-исследовательской

работы в области геодезии, стандартизации и метрологии позволяет автору сделать некоторые объективные выводы о существовании в современном лексиконе геодезистов заметного консерватизма в отношении применения общепринятых стандартизованных метрологических терминов. Например, многие известные ученые в области теории математической обработки геодезических измерений (ТМОГИ) до сих пор продолжают придерживаться традиций и не признают метрологические термины, принятые в других областях науки и техники. Применение «традиционных» терминов на фоне общепринятых стандартизованных метрологических терминов приводит к путанице с досадными последствиями [1–3]. Особенно это недопустимо в учебном процессе, когда профессорско-преподавательский состав вуза должен давать студентам не только профессиональные знания, но и повышать их общий уровень образования.

Напомним, что термины отличаются от слов обиходного лексикона тем, что они имеют *специализированное точно ограниченное научное значение*. При этом термин не только регистрирует понятие, но уточняет его и отделяет от смежных понятий. Таким образом, *термины* — это слова или словосочетания, являющиеся точным обозначением предметов, явлений, свойств в какой-нибудь специальной области производства, науки, общественной жизни. Так, применявшийся более сотни лет термин «способ» в словосочетании «способ наименьших квадратов», уже давно заменен понятием термина «метод». И геодезисты в данном случае не игнорируют эту замену. В правовом отношении обязательность использования термина закрепляется законодательно через стандарты — государственные и/или отраслевые [4, 5]. Так, если какое-либо слово имеет синонимы, то, став термином, оно должно применяться *только по одному принятому стандарту пред-*

назначению. Второго термина с тем же понятием (наличие двойного стандарта) в данной отрасли быть не должно.

Появление стандартизированной терминологии во всех областях науки и техники несомненно привело к улучшению взаимопонимания людей в совместной жизнедеятельности. Однако этот процесс проходил, да и сейчас проходит не всегда гладко, а иногда и просто трудно. Особенно это заметно при внедрении в конкретную отрасль нового термина, заимствованного из других областей науки и техники. Каждая отрасль «старается» сохранить в своем лексиконе «традиционные понятия» тех или иных терминов.

До сих пор в геодезической литературе и учебном процессе можно встретить словосочетания:

— «инструментоведение», «геодезические инструменты»;

— «средняя квадратическая ошибка»;

— «измерение направления»;

— термин «точность» с указанием численного значения ее неточности;

— «способ» и «метод» в одном понятии;

— отсчет по «лимбу» при использовании электронных теодолитов и тахеометров.

Не все студенты, даже старших курсов специализированных вузов, знают, что слово «геодезия» происходит от греческих — «земля» и «разделение».

▼ О термине «инструментоведение»

В геодезии до сих пор некоторые технические средства измерений (теодолиты, нивелиры) называют «инструментами». Существуют даже учебники с названием «геодезическое инструментоведение». Но ни в одном из словарей русского

языка нет слова «инструментоведение» или даже «прибороведение». Поскольку вторая составляющая часть сложных слов — «...ведение» обозначает только название наук и их отраслей — *машиноведение, товароведение, металлведение* и т. п. Например, слово «машиноведение» обозначает понятие научной дисциплины, включающей в себя описание теории машин и механизмов. Поэтому введение такого неологизма в геодезический лексикон нельзя считать удачным. В настоящее время теодолиты и нивелиры называют «инструментами» уже реже, так как «инструмент» — это орудие труда — молоток, лопата, пила и т. п. (исключение — медицинские и музыкальные инструменты). Теодолиты или нивелиры — с точки зрения метрологии — геодезические приборы.

В предисловии к русскому переводу [6] отмечено: «Трудности перевода нередко ощущались и в связи с отсутствием единой терминологии в области геодезического приборостроения...». Следует отметить, что многие, даже опытные преподаватели, в процессе обучения студентов поступают «по второму пути Конфуция» — повторяют без размышления то, чему их самих учили десятки лет назад, не обращая внимания на новые требования. Имеется множество примеров, когда в руководящих документах в сфере геодезического производства допускаются такие неточности, которые свидетельствуют о неспособности авторов самостоятельно принимать решения с учетом текущего момента. В ответ на вопрос «почему», следует традиционная фраза: «Меня так учили большие ученые в области геодезии». И это справедливо. Но в геодезическом лексиконе уже многое изменилось под влиянием времени («Истина есть дочь времени, а не авторитета»).

Так почему же в геодезии продолжают упорно применять давно устаревшие термины, тогда как уже внедрены новые? Например, в основных положениях о государственной геодезической сети Российской Федерации по всему тексту характеристика точности приведена с применением термина «ошибка». В инструкции по нивелированию 2004 г. использован термин «ошибка» (СКО), но в таблицах с характеристиками нивелиров и нивелирных реек приведен термин «погрешность» (СКП). В итоге в одном документе применены два термина с одним понятием, а нивелир определен как «инструмент». Далее, в марте 2011 г., в Москве, состоялась 7-я Международная научно-практическая конференция «Геопространственные технологии и сферы их применения» с демонстрацией соответствующего современного технического оборудования. Так почему же и здесь практически всеми участниками конференции (и в текстах информационной литературы) применен для характеристики точности технических средств измерений только термин «ошибка»?

К сожалению, многие преподаватели, известные ученые в области геодезии до сих пор продолжают придерживаться старых традиций (действуют по «второму пути Конфуция») и не хотят признавать некоторые современные общепринятые в других областях науки и техники метрологические термины.

▼ О терминах «ошибка» и «погрешность»

В настоящее время абсолютное большинство профессорско-преподавательского состава в учебном процессе и в печатных трудах при характеристике точности измерения употребляют термин «ошибка». Естественно, что и студенты также ис-

пользуют этот термин. Между тем в документации на геодезические технические средства измерения характеристика точности измерения всегда приводится с применением только термина «погрешность измерения».

В 1980 г. была опубликована статья [7]. Авторы статьи, не склоняясь однозначно в сторону геодезии или метрологии, сделали вывод о том, что термины «погрешность» и «ошибка» равноправны и поэтому допустимо «... использование того и другого термина по назначению». Вот именно, по их назначению! И в заключение авторы рекомендуют заняться отдельно геодезической терминологией в более широком плане исследовательских работ. Но этого, к сожалению, не последовало. Зато в 1981 г. в ГОСТ по метрологической терминологии к термину «погрешность» появилось примечание № 3: «Как исключение, в астрономии, геодезии, аэрофототопографии и картографии допускается наряду с термином погрешность применять термин ошибка». Поэтому в отраслевом стандарте по терминологии в области математической обработки геодезических измерений предпочтение отдается уже термину «ошибка». Так создано само условие существования двойного стандарта: одним и тем же понятием определяются два стандартизованных термина. А это является нарушением однозначности стандартизованного термина. Известно, что на включении в ГОСТ примечания № 3 настояли авторитетные ученые МИИГАиК. Такое их мнение сохранилось и до сих пор.

Какими же аргументами оперируют оппоненты термину «погрешность»? Главными из них являются: термин «ошибка» идет от Гаусса, и нет оснований отступать от его работ, а термин «погрешность» говорит

о грехе, что измеритель грешит. Что касается ссылки на Гаусса, то трудно однозначно определить какой термин применял этот классик геодезии и ТМОГИ. Во-первых, Гаусс писал в основном «латиницей», а русский перевод сделан с немецкого. Очевидно, что переводы соответствовали тому геодезическому лексикону, которым владели переводчики и редакторы того времени. Известно, что в лексиконе иностранных языков также существуют слова, соответствующие русским словам «ошибка» и «погрешность»: fehler и versteb — в немецком, mistake и error — в английском, la feaute и la orreute — во французском. Например, английское слово mistake состоит из приставки (префикса) mis — *неправильность, недостаток* и коренного слова take — *взять, принять*. И в целом слово надо понимать как обозначение чего-то ошибочно принятого, ошибочного, ошибка. Но это совсем не погрешность.

Как отмечено выше, возможны некоторые расхождения между оригиналом и переводом из-за отсутствия единой терминологии. Так, во введении к [8] в переводе с немецкого имеется сообщение редактора Г.В. Багратуни: «В.Я. Буняковский в работе «Основания математической теории вероятностей» пишет: «Приведем еще понятие о средней погрешности особого рода, рассматривание которой было предложено Гауссом и нашим знаменитым астрономом Струве». Значит Гаусс был знаком с термином «погрешность» и пользовался им.

В своих трудах слово «погрешность» применяли и другие известные ученые: Н. Цингер, И. Иверонов, И. Ньютон (в переводе академика А. Крылова), В. Иордан (в переводе и под редакцией В. Звонова), Ф. Деймлик (в переводе К. Глазенапа). Использовал термин «погреш-

ность» и классик отечественной геодезии Ф.Н. Красовский, рассматривая уравнения погрешностей параметрического способа уравнивания геодезических сетей. Характерен такой пример: в названии монографии [9] приводится термин «погрешность», а далее по всему тексту проходит только термин «ошибка». Почему оказалось такое разночтение? Дело в том, что эта работа была подготовлена к изданию после смерти автора и в предисловии редактора сказано: «Во всей работе символика и терминология, частично предложенные автором и частично заимствованные им из арсенала математической статистики, насколько возможно были заменены на символику и терминологию, общепринятую при изложении способа наименьших квадратов». Конечно, редактору монографии нужно было придерживаться терминологии автора. Замену сделали неудачно, очевидно в угоду собственному восприятию этого термина.

Что касается происхождения русского слова «погрешность», то следует заметить оппонентам, что корневым словом здесь является слово «огрех» (недоделка), а не «грех». А слово «ошибка» происходит от корневого русского слова «шибать» (сшибся, ошибся, ошибка).

В действительности же слова «погрешность» и «ошибка», став терминами, получили различные определения по их предназначению. Они имеют разные смысловые понятия и должны использоваться по их самостоятельным конкретным предназначениям. Так, слово «ошибка» применяется в качестве характеристики результата не только при измерениях, но и вообще при определении неправильности в какой-либо работе, вычислении, написании и т. п., а также как неправильное

действие — «ошибочный поступок». В понятие слова «ошибка» можно включить оценку деятельности человека по ее результату. В этом случае определяется отклонение полученного (действительного) результата от истинного (арифметическая или орфографическая ошибка, ошибка в выводе или написании формулы, в счете или решении какой-либо задачи, в отсчете по шкале прибора и т. п.). При этом истинное значение отклонения устанавливается по правилам математики или орфографии, при помощи того или иного теста, повторным отсчетом и т. п. Поэтому, выявив ошибку, ее всегда можно исправить, кроме случаев, когда что-то уже уничтожено.

Термин «ошибка» не должен связываться с понятием числовой характеристики критерия точности. Поэтому часто используемое в геодезии словосочетание типа «приборные ошибки» теодолита — это нонсенс: получается, что теодолит может ошибаться. Если при измерении углов данным прибором не обеспечиваются установленные для него критерии качества по точности, то его следует считать неисправным.

Термин «ошибка» имеет право на применение для оценки качества работы, но не как критерий точности. Так, если исполнитель часто ошибается при проведении измерений, то следует делать вывод о его профессиональной пригодности. Термин же «погрешность» по предназначению должен использоваться при характеристике результатов измерений как критерий качества по точности в количественном отношении.

▼ О термине «точность измерения»

Согласно метрологии, под точностью измерения понимается критерий качества, отражающий близость результатов

к их истинным значениям: высокая точность соответствует меньшим погрешностям (систематическим и случайным).

Вообще, в целом, качество результатов измерений должно оцениваться совокупно рядом критериев по: точности, достоверности, правильности, воспроизводимости, сходимости, погрешности [1]. При этом следует учитывать, что в геодезии давно применяются известные методы и способы определения и выражения критериев качества в количественном отношении. В конкретных случаях устанавливаются предельные значения результатов измерений.

Критерий «погрешность» отличается от критерия «точность» тем, что первый — характеризует значение погрешности количественно, а второй — только сравнительно (точность выше или ниже). Например, «первым прибором измерения выполняются точнее, чем вторым» и т. п. Можно говорить, что данный прибор точнее другого, что его точность выше, но, не указывая при этом числового значения. Кстати, существует большая вероятность, что термин «точность» происходит от слова «точка» — меры длины, равной 0,254 мм или 1/10 линии («трехлинейка» — русская винтовка калибра 7,62 мм, «попасть в точку» и пр.).

Однако и по сей день на всех уровнях — от рекламных буклетов до руководящих и нормативных документов (кроме документации на технические средства измерений), в процессе подготовки специалистов встречается словосочетание типа «точность измерения» с указанием конкретного числового значения, например, «точность измерения расстояния этим дальномером 10 мм». Получаем нонсенс — говорим о точности, а приводим числовые значения неточности. Поэтому, если тре-

буется указать метрологические характеристики средства измерения, следует приводить числовые значения погрешности в принятой форме, например, так: *значение средней квадратической погрешности (СКП) измерения длины одним приемом дальномером не превышает 10 мм*. Такая характеристика указывается и в паспорте прибора.

Уместно заметить, что использование известной аббревиатуры СКО (средняя квадратическая ошибка) создает неоднозначность при оценке качества результатов по их отклонениям от действительного — среднее квадратическое отклонение (СКО), что встречается и в математике.

Как известно, в основе ТМОГИ положен метод наименьших квадратов, основанный на правилах теории вероятности и статистики. Но ни в теории вероятности, ни в статистике термин «ошибка» в понятии оценки точности измерений не применяется. С другой стороны, при оценке достоверности по точности полученного результата какого-либо события, например рейтинга опроса, говорят: «...результат проведенного опроса имеет некоторую погрешность...». Поэтому, появление в свое время в геодезическом лексиконе словосочетания «теория ошибок» в смысловом понятии теории оценки точности измерений нельзя признать удачным.

Основными причинами проявления явного консерватизма в использовании стандартизованного термина «погрешность» в геодезии, с точки зрения автора, являются, во-первых, своеобразное «табу» известных влиятельных в ученом мире отечественных геодезистов, преимущественно старшего поколения, которые не видят объективного принципиального различия в смысловых поняти-

ях терминов и без научной аргументации отстаивают «честь мундира» — сохраняя традиционную, привычную терминологию в отдельно взятой отрасли. Во-вторых, в настоящее время значительная часть молодых специалистов в области геодезии идет «вторым путем Конфуция», не пытаясь размышлять, применяет ту терминологию, которой оперируют старшие авторитетные коллеги.

▼ О термине «измерение направления»

Если вопрос об использовании терминов «погрешность» и «ошибка» носит чисто гносеологический аспект (при изменении термина суть теории оценки точности не меняется), то вопрос о терминах «направление», «измерение (уравнивание) направления» является более сложным и значимым, имеет определяющее значение при установлении сущности угловых измерений и уравнивания их результатов. В историческом плане известно, что астрономы и геодезисты середины XVII века углы «измеряли», а направления на пункты «наблюдали». Отсюда и исполнителей измерений стали называть «наблюдателями».

Согласно метрологии, под *измерением* понимается нахождение при помощи технических средств измерений значения физической величины. При этом имеют место следующие определения:

— *физическая величина (величина)* — характеристика объекта или явления материального мира, качественно общая множеству объектов или явлений, но количественно индивидуальная для каждого из них;

— *значение физической величины (значение)* результат оценки физической величины в принятой размерности.

В настоящее время в геодезии измеряются различные вели-

чины — угол, длина, время, температура, давление и др. Часто встречаются словосочетания типа «величина угла равна 10°». Но угол — это физическая величина, поэтому получаем «масло масляное». Нельзя говорить и об измерении объекта вообще, например, «измерить стол». Правильно — «измерить высоту (габариты, массу) стола».

Таким образом, чтобы измерить величину, необходимо «определить» сколько единиц используемой меры «укладывается» в измеряемой величине. Так, при измерении длины могут быть использованы разные меры: метр, километр, миля, фут и т. п. Отсюда происхождение термина «размерность». Какой же мерой можно определить направление?

Между тем в геодезии термин «направление» применяют в сочетании со словами «измерение» и «уравнивание», считая направление физической величиной — углом. Понимая под направлением угол, в ряде случаев возникают парадоксы. Например, измерение углов способом всевозможных комбинаций (способ Шрейбера) и способом круговых приемов приравнивают по точности с учетом обеспечения известного условия Шрейбера — равенства $m\pi = \text{const}$ на всех пунктах, где выполнялись измерения. Но, в первом случае все углы измеряются независимо во всех возможных комбинациях, а во втором — только те, которые связаны с первым направлением и без каких-либо комбинаций. Поэтому углы, измеренные способом Шрейбера (даже одним приемом), могут быть уравнены на станции под условием $[pv^2] = m\pi$, а углы, измеренные на станции способом круговых приемов, не могут быть уравненными в широком смысле этого понятия, так как нет избыточных измерений (комбинации углов вычисляют-

ся как разности измеренных углов относительно общего начального направления).

На практике под измерением направления понимается изменение угла между начальным (исходным) и данным направлениями. При этом начальным может быть любое выбранное исполнителем направление на какой-либо объект или вполне определенное — азимут (астрономический, магнитный), дирекционный угол и т. п. Но выражение «измерение направления» не является метрологическим термином. Кстати, нельзя использовать словосочетание «дирекционное направление», так как слово «дирекционное» (от латинского — *directio*) означает «направленное».

При уравнивании геодезических сетей параметрическим способом считается, что уравнивают и оценивают «измеренные направления», а на самом деле уравнивают углы (дирекционные углы), определив поправки в их приближенные значения. Затем разности уравненных дирекционных углов сравнивают с соответствующими углами, измеренными на пункте.

Стоит заметить, что астрономы направления не «измеряют», а «наблюдают» («определяют»). Астрономы измеряют углы между небесным светилом и местным предметом (измеряют углы между направлениями, а не сами направления).

▼ О терминах «способ» и «метод»

В теории и практике любых измерений необходимо различать понятия таких часто применяемых терминов, как *принцип, метод, способ* и *методика измерений*.

Принцип (от латинского — начало, основа) — основное исходное положение теории, науки, технического устройства. Принцип измерения длин электронным дальномером

основан на теории распространения электромагнитных волн.

Метод (от греческого — путь исследования или познания учения, теории). Метод измерения — совокупность приемов использования принципов и средств измерений, подчиненных решению конкретной задачи. Например, методами прямых измерений являются: непосредственной оценки, сравнение с мерой, дифференциальный, нулевой (компенсационный) и совпадения [1].

Способ измерения — совокупность определенных операций с применением конкретных методов и средств измерений, например, измерение горизонтальных углов «способом круговых приемов».

Методика измерения — совокупность конкретных способов и приемов нахождения значения конкретной физической величины с заданной точностью.

▼ Лимб и алидада

Практически во всех случаях обучения способам измерения углов теодолитом применяются словосочетания типа: «отсчет по лимбу», «перестановка лимба», «вращение алидады».

Лимб (с латинского — кайма, кольцо). В теодолитах старой конструкции шкала наносилась на отдельном кольце, которое затем вставлялось в металлический круг.

Алидада (с латинского — линейка с индексом) использовалась для регистрации положения верхней части теодолита относительно шкалы лимба.

Как самостоятельные детали лимб и алидада в электронных теодолитах и тахеометрах отсутствуют.

На основе анализа смысловых понятий рассмотренных выше терминов, применяемых в современном геодезическом лексиконе, можно отметить следующее.

1. Применение уже стандартизованных терминов является обязательным везде (в учебной литературе, учебном процессе, научных трудах и т. д.) и для всех — от студента до профессора.

2. Необходимо твердое знание используемых терминов по их смысловому понятию. Так, термин «погрешность» является метрологическим термином, а термин «ошибка» — не является таковым. Термин «ошибка» нельзя сочетать с техническим средством измерений: прибор может быть исправным, работоспособным или нет; термин «угол» относится к физической величине, а термин «направление» — нет.

3. В научно-технической и, особенно, в учебной литературе нельзя допускать применения разных терминов с одним и тем же понятием. Это приводит к неоднозначности определения термина, к возникновению двойного стандарта, что преследуется законом.

4. Следует добиться такого положения, чтобы при издании учебной и технической литературы редакторы издательств более строго «фильтровали» рукописи на предмет соблюдения в них общепринятой стандартизованной терминологии, помня, что «истина есть дочь времени, а не авторитета».

5. Несогласованное применение терминов профессорско-преподавательским составом учебных заведений наносит существенный ущерб качеству подготовки специалистов. Весь смысл учебного процесса в широком понимании состоит в том, чтобы студент мог дать правильный ответ на вопрос, поставленный преподавателем. А из-за неточно поставленного вопроса студенты чаще всего и не пытаются мыслить творчески, и просто заучивают ответ, не разобравшись в нем. Вот почему уже через год-два все зна-

ния, приобретенные в вузе, практически забываются.

Преподаватель имеет много общего с артистом: он должен хорошо знать свою роль, «войти» в нее и выступить перед аудиторией так, чтобы студенты ему поверили и заинтересовались темой разговора. Тогда изучаемый предмет не забудется долго.

▼ Список литературы

1. Зимин В.М., Иванов Ю.С., Николаева В.А. Основы метрологического обеспечения ВТС (учебное пособие). Часть 1. — М.: РИО ВТС, 1983.
2. Зимин В.М. Некоторые аспекты использования в геодезии метрологических терминов по их предназначению // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. — 1997. — № 6. — С. 43–55.
3. Зимин В.М. К существованию двойного стандарта терминов в геодезии // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. — 2010. — № 5. — С. 12–16.
4. ГОСТ 1663–81. Метрология. Термины и определения.
5. ОСТ 68-2–81. Математическая обработка геодезических измерений. Термины и определения.
6. Деймлих Ф. Геодезическое инструментоведение. — М.: Недра, 1970.
7. Лебедев Н.Н., Шленкин С.И. О смысле терминов «ошибка» и «погрешность» (логико-гносеологический аспект) // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. — 1980. — № 5. — С. 8–13.
8. К.Ф. Гаусс. Избранные геодезические сочинения. — М.: Изд-во геодезической литературы, 1957.
9. Зимонов В.Н. Способ наименьших квадратов в приложении к измерениям, сопровождающимся постоянными погрешностями. — М.: Геодезиздат, 1960.

RESUME

The author based on his own experience of pedagogical and research work in the field of geodesy, standardization and metrology makes certain objective conclusions on the evident conservatism in the modern vocabulary of geodesists while referencing to the standardized metrological terms. He grounds these conclusions based on specific examples.