

17 февраля 2020 г. свой юбилей отметил Анатолий Иванович Спиридонов.

В преддверии юбилейной даты он направил в редакцию статью, подготовленную в соавторстве с А.Н. Прусаковым и посвященную целесообразности проведения приемочных испытаний продукции, в частности, геодезических приборов. В ней отражены современные требования и особенности метрологического контроля геодезических средств измерений в топографо-геодезическом производстве. Особое место отведено исследованиям и испытаниям геодезических инструментов, которым А.И. Спиридонов посвятил 57 лет своей научной деятельности в ЦНИИГАиК, отраженной в многочисленных стандартах в области геодезического приборостроения, которые действуют и в настоящее время.

В основу статьи легли отдельные разделы из первой части книги «Маршрутами испытаний (заметки инструментоведа-испытателя)» Анатолия Ивановича Спиридонова. Он посвятил ее учителям и соратникам, с которыми принимал участие в испытаниях различных геодезических приборов. Как отмечает автор в предисловии, «это не книга воспоминаний, а наставление будущим «инструментоведам-испытателям». Вторая часть книги наполнена стихами Анатолия Ивановича, имеющими прямое отношение к геодезии и инструментальной тематике. Говоря об этой части книги, он подчеркивает, что «...стихи по своей форме любительские, порой ироничные, а потому они не претендуют на высокий профессиональный поэтический стиль». Содержание каждого стихотворения, не говоря уже об их названиях, подчеркивает любовь и преданность автора к своей профессии и геодезическим приборам, которые прошли через его руки.

В настоящее время редакция журнала при спонсорской поддержке ООО «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ» готовит книгу А.И. Спиридонова к изданию.

Поздравляем Анатолия Ивановича с 80-летием, желаем ему крепкого здоровья, счастья и благополучия, а также дальнейших творческих успехов!

Редакция журнала

## К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПЫТАНИЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

**А.Н. Прусаков** (Центр геодезии, картографии и ИПД)

В 1976 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «инженер астрономо-геодезист». После окончания института работал в экспедиции № 121 Предприятия № 7 ГУГК СМ СССР. С 1981 г. по 2009 г. работал в центральном аппарате государственной картографо-геодезической службы СССР и РФ. С 2011 г. работал в ЦТМП «Центрмаркшейдерия» (Тула), с 2012 г. — в ООО «Спецгеологоразведка» (Тула). С 2015 г. по настоящее время работает в ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД», в настоящее время — начальник управления метрологии и стандартизации. Председатель Технического комитета по стандартизации «Геодезия и картография» (ТК 404). Кандидат экономических наук.

**А.И. Спиридонов**

В 1961 г. окончил Московский топографический политехникум, а в 1968 г. — геодезический факультет МИИГАиК по специальности «астрономо-геодезия». С 1961 г. по 2018 г. работал в ЦНИИГАиК (с 2013 г. — ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД»), в том числе возглавлял отдел стандартизации и метрологического обеспечения и являлся главным метрологом. При его непосредственном участии в 1998 г. создан Технический комитет по стандартизации «Геодезия и картография» (ТК 404). Кандидат технических наук.

В производственной сфере и в дискуссиях специалистов-метрологов не единожды возникал вопрос: нужно ли проводить испытания продукции, в частно-

сти, приемочные испытания? При этом подразумевается, что испытания требуют затрат труда, финансов и времени, а польза от них не всегда очевидна.

Кроме того, в качестве обоснования иногда приводится следующий довод: федеральное законодательство устанавливает применение стандартов на

добровольной основе, а в технических регламентах нигде напрямую не говорится о приемочных испытаниях. Поэтому нет необходимости их проводить, учитывая существенные дополнительные затраты.

Впервые термины и определения видов испытаний были установлены в ГОСТ 16504-79, а после его пересмотра и обновления — в ГОСТ 16504-81 [1]. В этом стандарте предварительные и приемочные испытания относятся ко вновь разрабатываемой продукции, а приемосдаточные, периодические и контрольные испытания предназначаются для серийно выпускаемой продукции.

Для средств измерений (СИ) ситуация иная, поскольку в соответствии с Федеральным законом от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ [2] для применения СИ в сфере обращения требуется утверждение типа СИ и внесение его в Госреестр СИ, после чего проводится периодическая поверка в эксплуатации через установленный межповерочный интервал.

В двух национальных стандартах ГОСТ Р 15.301-2016 [3] (взамен ГОСТ Р 15.201-2000) и в ГОСТ 15.309-98 [4] раскрываются основные цели и описываются задачи различных видов испытаний на стадии разработки и поставки продукции на производство. При этом основное внимание уделяется тому, что в результате испытаний должны выявляться конструктивные и технологические недостатки разработанной продукции, установлены отказы (как скрытые, так и явные), а главное — приниматься меры по их недопущению в процессе эксплуатации.

Из опыта применения вышеуказанной системы стандартов на практике можно заключить, что апробирование через проведение испытаний опытных образцов средств измерений на

стадиях изготовления установочной партии, серийного производства и в процессе эксплуатации позволяет получать ценную информацию о качестве приборной продукции благодаря тому, что могут выявляться недостатки конструкции прибора и технологии изготовления. Уже только это дает основание говорить о необходимости испытаний.

Уместно обратить внимание на то, что многие передовые зарубежные и отечественные производители используют факт проведения испытаний в рекламных целях. Они подчеркивают, что их продукция проходит жесткие испытания, в том числе на производительность и надежность, а это может служить дополнительным способом привлечения потребителей. Это также говорит об ответственности производителя и разработчика перед потенциальными заказчиками.

▼ **Методы оценки эффективности испытаний приборов**

Как показывают публикации по данному вопросу [5–8], в качестве оценки испытаний могут выступать вероятностные показатели, величина экономического эффекта, а также общая характеристика технического состояния качества прибора по итогам испытаний и, как следствие, — наличие рекомендаций по улучшению конструкции и технологии изготовления испытуемого прибора.

Для решения вопроса о практической важности процедуры испытаний приведем краткий обзор существующих методов оценки эффективности испытаний приборов.

В работе [6] показано, что эффективность испытаний надежно характеризуется двумя параметрами:

— вероятностью обнаружения дефекта

$$W_k = \sum_{i=1}^k d_i/D; \quad (1)$$

— вероятностью  $S_k$  пропуска (необнаружения) дефекта

$$S_k = (D - \sum_{i=1}^k d_i)/D, \quad (2)$$

где  $d_i$  — количество дефектов, обнаруженных на  $i$ -ом этапе испытаний;

$D$  — общее количество дефектов (отказов), выявленных на всех этапах испытаний;

$k$  — количество этапов испытаний.

При этом имеется в виду, что  $W_k + S_k = 1$ .

В [2] для оценки эффективности испытаний предлагается использовать вероятности безотказной работы испытанного ( $P_i$ ) и неиспытанного ( $P_o$ ) прибора. В этом случае можно определить показатель качества испытаний  $Q$  по формуле:

$$Q = \Delta P/C, \quad (3)$$

где  $\Delta P = P_i - P_o$ ;

$C$  — стоимость испытаний.

В той же работе изложен другой путь оценки качества испытаний, который состоит в следующем. Если известно количество дефектов  $q_i$ , выявленных при испытаниях прибора, и количество дефектов  $q_o$ , выявленных после испытаний, например, в процессе эксплуатации или опытно-экспериментального апробирования, тогда:

$$Q = q_i/(q_i + q_o). \quad (4)$$

Недостатком описанных способов оценки качества испытаний является сложность определения показателей  $P_o$  и  $q_o$ .

В работе [7] предложен упрощенный способ оценки эффективности испытаний на основе показателя экономического эффекта от проведения испытаний.

Если известны затраты на разработку прибора ( $Z_p$ ), затраты на проведение испытаний ( $Z_i$ ), а также экономический эффект после его внедрения ( $Э_p$ ), можно оценить экономический эффект от проведения испытаний по формуле:

$$Э_i = Э_p Z_i / Z_p. \quad (5)$$

Таким образом, задача оценки эффективности испытаний вполне правомерна и ее решение вполне возможно. Возникает резонный вопрос: какое практическое значение имеет эта процедура?

Во-первых, она необходима для общей оценки качества испытаний; во-вторых, для объективного сопоставления планов (программ) испытаний; в-третьих, для правильного выбора методов и средств испытаний; в-четвертых, для регулирования затрат на проведение испытаний; в-пятых, для выработки требований к количеству проверяемых параметров прибора.

Методика оценки планов контроля испытаний с учетом рисков производителей и потребителей приборов изложена в работе [8].

Формулы (1)–(5) демонстрируют формализованный подход к оценке эффективности испытаний, поскольку в наличии не всегда имеются достоверные статистические данные. Поэтому в топографо-геодезическом производстве существовала объективная система оценки пригодности средств измерений для внедрения их в практику. В основе этой системы лежал критерий соответствия прибора существующей или вновь предлагаемой технологии топографо-геодезических работ.

#### ▼ Особенности метрологического контроля в топографо-геодезическом производстве

Метрологический контроль, составными частями которого являются и испытания, и поверка средств измерений, в топографо-геодезическом производстве имеет ряд особенностей, главные из которых приводятся ниже.

1. При проведении топографо-геодезических и картографических работ должна осуществляться единая техниче-

ская политика на всей территории государства.

В СССР за техническую политику отвечало Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР (ГУГК СССР), в РФ — Федеральная служба геодезии и картографии (Роскартография), а с 2009 г. — Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр). Эта функция регулировалась через федеральное законодательство и нормативные акты, издаваемые федеральным органом исполнительной власти в области геодезии и картографии.

2. Единство геодезических измерений, выполняемых в различных физико-географических и климатических условиях, должно обеспечиваться комплексом организационных, научно-методических, технических, нормативно-правовых мероприятий, сочетанием технологических требований и системы технического обслуживания, исследований, поверки, ремонта, юстировки средств измерений.

Независимо от факта отнесения геодезических работ, выполняемых предприятиями отрасли геодезии и картографии, к сфере государственной системы обеспечения единства измерений система обеспечения требуемой точности геодезических измерений традиционно находилась в поле зрения специалистов технических служб этих предприятий.

3. Контроль качества и надежности геодезических измерений является многоплановым и многоступенчатым, поскольку относится и к единичным измерениям, и к совокупности промежуточных операций, и к конечным результатам измерений.

Ранее контролем были охвачены различные стадии жизненного цикла геодезической

продукции — от проектирования до момента создания конечной продукции. Органично вписываясь в технологию геодезических работ, этот контроль мог быть предусмотрен целевым назначением — в форме инспекционных или плановых проверок. При этом в сферу контроля были включены не только инспекторы ОТК, но и начальники партий, экспедиций, отрядов.

Кроме того, за соблюдением порядка выполнения астрономо-геодезических, гравиметрических, геодезических, картографических, топографических, топографо-геодезических работ в соответствии с нормативными правовыми актами и нормативно-техническими документами по вопросам геодезической и картографической деятельности, осуществлялся государственный геодезический надзор. В системе ГУГК СССР и Роскартографии этот надзор выполняли территориальные инспекции государственного геодезического надзора, а в настоящее время он возложен на территориальные органы Росреестра.

4. Методология контроля качества геодезических измерений основывается на различных принципах, а именно:

— на необходимости проведения специальной поверки, отличной от первичной и периодической поверки, названной технологической поверкой, осуществляемой до выезда на полевые работы и в процессе их проведения;

— на планировании и проведении избыточных измерений, т. е. сверх необходимых, позволяющих выполнять уравнительные вычисления и одновременно с получением конечных результатов делать оценку их точности;

— на особенностях геометрии геодезических построений, позволяющих использовать

известные математические условия (например, суммы углов треугольников и полигонов; суммы превышений и приращений координат замкнутых фигур и т. п.), отличия от которых измеренных геодезических величин дают невязки, рассматриваемые как истинные погрешности измерений.

5. Результаты первичной или периодической поверки, выполняемой в лабораторных условиях, являются необходимыми, но недостаточными для метрологического обеспечения топографо-геодезических работ, выполняемых на местности в различных погодных-климатических условиях. Периодическая поверка, осуществляемая на стадии эксплуатации прибора, дает общую оценку его метрологической исправности, но ее результаты не могут надежно экстраполироваться на реальные погодные-климатические условия, да еще после перевозки прибора на различных видах транспорта. Поэтому, как отмечено выше, дополнительно была введена технологическая поверка. Ее основные особенности заключаются в следующем:

- поверку осуществляет наблюдатель, ответственный за проведение измерений;
- поверка проводится в тех же условиях, в которых выполняются геодезические работы на данном объекте;
- понятие межповерочного интервала для технологической поверки неоднозначно, так как отдельные метрологические

характеристики следует контролировать ежедневно (перед началом работы), другие — один раз в неделю, третьи — раз в квартал, некоторые — каждый раз после переезда, а часть — через более продолжительный временной интервал;

— при несоответствии какого-либо параметра устраняются причины, вызвавшие его; если это невозможно, для исключения его влияния применяются методические процедуры (либо введение поправок, либо использование соответствующих способов измерений);

— по результатам поверки вносится запись в паспорт или формуляр прибора, либо в журнал наблюдений, который в дальнейшем сдается в ОТК предприятия.

Содержание технологической поверки для различных геодезических приборов нашло отражение в инструкции ГКИНП (ГНТА)-17-195-99 «Инструкция по проведению технологической поверки геодезических приборов» [9].

6. Для обеспечения соответствия новых геодезических средств измерений требованиям технологии геодезических работ в период с 1994 г. по 2011 г. в дополнение к испытаниям для целей утверждения типа были введены сертификационные испытания.

В период с 2000 по 2009 гг. действовала Система обязательной сертификации геодезической, топографической и картографической продукции. Данная система была зарегистриро-

вана в Государственном реестре Госстандарта России (в настоящее время — Росстандарт) и предназначалась для проведения обязательной и добровольной сертификации геодезической, картографической и топографической продукции (Постановление Госстандарта России от 26 мая 2000 г. № 30) [10].

В рамках этой системы ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт геодезии аэросъемки и картографии им. Ф.Н. Красовского» (ФГУП «ЦНИИГАиК»), который в настоящее время входит в состав ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных», был аккредитован как орган по сертификации приборной продукции топографо-геодезического и картографического назначения. Сертификационные испытания продукции геодезического назначения проводились по программе, утверждаемой ФГУП «ЦНИИГАиК».

К сожалению, в 2011 г. по представлению Минэкономразвития России данная Система обязательной сертификации приборной продукции топографо-геодезического и картографического назначения была отменена и исключена из государственного реестра.

Из сказанного выше следует, что система метрологического контроля средств измерений в топографо-геодезическом производстве более жесткая по сравнению с системами, сложившимися в других производ-

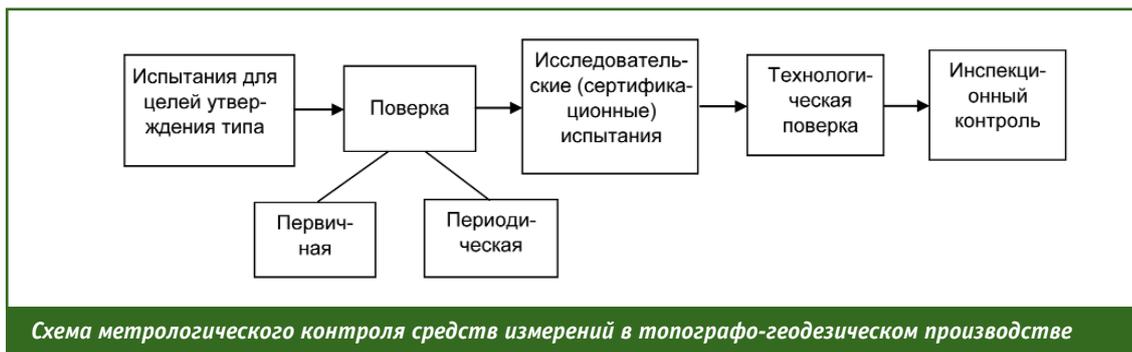


Схема метрологического контроля средств измерений в топографо-геодезическом производстве

ственных сферах, что иллюстрирует схема, приведенная на рисунке.

Геодезические приборы являются сложными оптико-механическими или оптико-электронными устройствами. Полагаем, что эффект от испытаний геодезических средств измерений для целей утверждения типа может быть больше, если измерения будут проводить специалисты, имеющие профессиональное образование и практический опыт в выполнении топографо-геодезических работ.

К сожалению, в настоящее время ни одна организация Росреестра и ни одно предприятие АО «Роскартография» не уполномочены проводить испытания для целей утверждения типа средства измерений. В большинстве случаев функции государственного центра испытаний средств измерений (ГЦИ СИ) выполняют институты и центры стандартизации и метрологии Росстандарта. При проведении таких испытаний предусматривается проверка соответствия приборов требованиям стандартов и технической документации изготовителя. Ответа на вопрос о соответствии прибора требованиям технологии топографо-геодезических работ ГЦИ СИ дать не в состоянии. Таким образом, получается, что интересы основного потребителя геодезических СИ в полной мере в результатах испытаний для целей утверждения типа СИ не учитываются.

▼ **Рекомендации при проведении испытаний геодезических средств измерений**

С учетом того, что геодезические приборы относятся к технически сложным устройствам и от них требуется обеспечение соответствующей точности и надежности, а испытания частично проводятся в полевых условиях, необходимы опреде-

ленные навыки и мастерство при работе с ними. В связи с этим, хотелось бы поделиться опытом проведения испытаний геодезических средств измерений.

Программу и методику испытаний, место их проведения следует готовить с учетом назначения и точности прибора.

До начала испытаний необходимо подготовить к работе контрольно-измерительное оборудование и эталоны.

Прежде чем приступить к измерениям, необходимо убедиться в жесткости и устойчивости основания, на котором располагается прибор.

Перед началом испытаний рабочие узлы и блоки прибора должны адаптироваться к окружающей среде. Принято считать, что измерения следует начинать, выдержав прибор по времени, равном в минутах разнице температур в районе испытаний и в помещении, где хранился прибор.

Необходимо проверить качество работы подвижных частей прибора и взаимодействие его отдельных узлов. У теодолитов и оптических тахеометров окуляры зрительной трубы и отсчетного микроскопа устанавливают по глазу испытателя, а фокусировку зрительной трубы настраивают по изображению визирной цели.

Далее рекомендуется проверить начальные настройки прибора в соответствии с инструкцией по эксплуатации (в частности, степень зарядки блоков питания, качество подсветки шкал и т. п.).

Если измерениям предшествует переезд или переход, особенно по пересеченной местности, полезно подтвердить проверкой стабильность основных геометрических условий, заложенных в конструкции прибора (перпендикулярность визирной и горизонтальной осей, параллельность оси ци-

линдрического уровня и горизонтальной оси теодолита, горизонтальность визирной линии нивелира в рабочем состоянии, параллельность визирной оси центра и вертикальной оси прибора, правильность работы компенсатора и т. д.).

При выполнении юстировочных работ, предусмотренных руководством по эксплуатации, следует выводить юстировочные винты в среднее положение по отношению к их общему расходу; никогда не нужно сильно их затягивать, но и нельзя оставлять в ослабленном состоянии.

При использовании оптических центриров правильность установки прибора над центром пункта следует проверять при трех положениях алидады, разнесенных на  $120^\circ$ .

Перед началом измерений наводящие и подъемные винты следует вывести в среднее положение; не следует излишне затягивать крепежные винты. Наведение на цель с использованием наводящих винтов необходимо делать однообразным плавным движением, например, только на ввинчивание винта.

При использовании приборов с пузырьковыми уровнями необходимо использовать топографический зонт для защиты оборудования от прямого воздействия солнечных лучей.

Рекомендуется выполнять измерения с одинаковым темпом, отсчеты по измерительным шкалам брать без задержек и остановок.

С целью исключения длиннопериодических погрешностей лимбов, измерения углов следует проводить на симметричных установках лимба по специально рассчитанной программе.

При использовании угломерных приборов с односторонней системой отсчитывания по кругам для исключения влияния эксцентриситета необходимо

выполнять измерения при двух положениях вертикального круга. Не допускается переставлять лимб между полуприемами на 90°.

Для исключения эксцентриситета вертикального круга у теодолитов с односторонним отсчетом рекомендуется проводить прямые и обратные измерения вертикальных углов, либо вводить поправки, получаемые из специальных исследований.

С целью исключения влияния качки вертикальной оси программа измерения углов должна содержать четное количество приемов.

При измерении расстояний светодальномерами и электронными тахеометрами рекомендуется в разных приемах делать наведения на разные участки отражателя для компенсации погрешностей, связанных с фазовой неоднородностью луча.

Для уменьшения влияний остаточных деформаций на результаты измерений и их накоплений следует чередовать последовательности наблюдений: при угловых измерениях по схеме — ЛП, ПЛ, ЛП и т. д.; при нивелировании порядок взятия отсчетов по задней и передней рейкам по схеме — ЗППЗ, ПЗП и т. д.

При нивелирных работах рейки следует устанавливать на специальные костыли или башмаки, снабженные сферической головкой. При высокоточных измерениях рейки желательно удерживать в вертикальном положении с помощью специальных рейкодержателей.

Спутниковые геодезические измерения рекомендуется выполнять с учетом условий наблюдений, наличия препятствий и помех для прохождения спутниковых сигналов [11].

Не следует исключать результаты измерений, которые выходят за установленные допуски, за исключением результатов, которые получены при

неправильных действиях наблюдателя или его помощников. В обработку и последующий анализ принимаются все результаты измерений.

Следует принять за правило в конце рабочего дня проверять и обрабатывать выполненные за день измерения.

По результатам испытаний необходимо подготовить рекомендации по устранению выявленных недостатков в конструкции, дать предложения по возможному усовершенствованию прибора и определить место нового прибора в технологических схемах геодезических работ.

В заключение хотелось бы отметить, что метрологический контроль в настоящее время, к сожалению, лишился своего места в топографо-геодезическом производстве по целому ряду причин организационного и политического характера.

1. При приватизации государственных аэрогеодезических предприятий в большинстве случаев была утрачена система контроля качества продукции, в связи с ликвидацией службы ОТК на всех этапах производства продукции.

2. Территориальные органы Росреестра в виду своей малочисленности, отсутствия специалистов необходимой квалификации (геодезистов) и большого круга задач (лицензирование, земельный надзор, ведение дежурной карты, контроль кадастровых работ и т. п.) практически не справляются с тем объемом контрольных мероприятий, которые они должны выполнять, в соответствии с возложенными на них функциями государственного геодезического надзора.

3. Действовавшая ранее система обязательной сертификации геодезической, топографической и картографической продукции в Российской Федерации отменена.

#### ▼ Список литературы

1. ГОСТ 16504-81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения (с изменением №1).
2. Федеральный закон от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений».
3. ГОСТ Р 15.301-2016 Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП). Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство.
4. ГОСТ 15.309-98 Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП). Испытания и приемка выпускаемой продукции. Основные положения.
5. Городецкий В.М., Дмитриев А.К., Марков В.М. и др. Элементы теории испытаний контроля технических систем. — Л.: Энергия, 1978 — 192 с.
6. Епифанов В.Н. Оценка эффективности контроля и испытаний машин // *Фундаментальные исследования*. — 2008. — № 8. — С. 51–54.
7. Исследования в области стандартизации, метрологического обеспечения, испытаний приборной продукции топографо-геодезического назначения: Сб. научных трудов Центрального научно-исследовательского института геодезии, аэросъемки и картографии им. Ф.Н. Красовского [отв. ред. А.И. Спиридонов]. — М.: ЦНИИГАиК, 1989. — 135 с.
8. Спиридонов А.И. Методика оценки надежности планов контроля параметров геодезических приборов в процессе испытаний // *Научно-технический сборник по геодезии, аэрокосмическим съемкам и картографии*. — М.: ЦНИИГАиК, 1993. — С. 58–72.
9. ГКИНП (ГНТА)-17-195-99 Инструкция по проведению технологической поверки геодезических приборов. — М.: ЦНИИГАиК, 1999.
10. Постановление Госстандарта России от 26 мая 2000 г. № 30 «О регистрации Системы сертификации геодезической, топографической и картографической продукции».
11. Генике А.А. Побединский Г.Г. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и ее применение в геодезии. — М.: Картгеоцентр, 1999. — 355 с.