МЕТОДЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАДАСТРА ГОРОДСКИХ ЗЕМЕЛЬ СПУТНИКОВЫМИ И НАЗЕМНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

© Э.И. Ибрагимова, И.Г. Гайрабеков

ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, г. Грозный, Россия

К числу важнейших сведений кадастра недвижимости относят геодезические материалы. Геодезические данные представляют собой значения координат характерных точек, описывающих границы пространственного положения объекта недвижимости. Традиционные геодезические приборы и технологии не способны сегодня обеспечить качественное и оперативное геодезическое сопровождение кадастровых работ. В то время как внедряемые новые технологии геодезических измерений и построений обладают рядом преимуществ и могут заменить традиционные технологии. Благодаря оснащению приборов современным программным обеспечением и вводу в эксплуатацию роботизированных станций, позволяющих без участия человека производить измерения, работа кадастровых инженеров стала более эффективной. В данной статье описываются основы геодезических работ кадастра земель. Поставлена цель – рассмотреть технологические этапы инженерно-геодезических изысканий. Для достижения цели поставлены следующие задачи: рассмотреть методы геодезических съемок с применением GNSS-технологий, уделить внимание конструктивным особенностям приборов и оборудования для этого вида работ, а также программным продуктам, которые применяются для обработки информации.

Ключевые слова: инженерно-геодезические изыскания, GNSS-технологии, методы геодезических съемок, программное обеспечение, кадастр, картография, вычислительная техника, GPS-приемники, топографическая съемка, точность определения координат.

Введение

Всё чаще с земельными участками производят различные операции – их дарят, покупают, меняют, изымают. В связи с этим между собственниками земли возникают разногласия и споры по местоположению и размерам земельных участков. Для устранения разногласий, подтверждения имущественного права проводится кадастровая съемка. Она представляет собой комплекс работ, выполняемых для определения и восстановления границ земельных участков.

В кадастровой инженерии используются специальные геодезические приборы, без которых невозможно решать кадастровые вопросы.

После Великой Отечественной войны приборостроение развивалось по нескольким направлениям. Приборы становились легче, точнее и удобнее. В XX веке были созданы светодальномеры и радиодальномеры. В СССР

В.А. Величко и В.П. Васильев в 1953 г. создали первый светодальномер. А в 1960 г. в нашей стране под руководством А.А. Генике был разработан первый отечественный геодезический радиодальномер. С изобретением светодальномеров и радиодальномеров увеличилась точность измерений и улучшилась производительность труда геодезистов [5].

Методика. На данный момент в мире действуют две полностью развернутые GNSS: GPS – GlobalPositioningSystem – принадлежит Министерству обороны США, также известна под более ранним названием NAVSTAR и ГЛОНАСС – Глобальная Навигационная Спутниковая Система, принадлежащая Министерству обороны России. [4]. Эффективность использования данной технологии инженерно-геодезических изысканий очевидна и применяется на производстве. Инженерно-геодезические изыскания обеспечивают проект всеми необхо-

димыми данными о ситуации и рельефе местности, объектах на участке проектирования. Все работы по геодезическим исследованиям местности проводят с целью получения материалов топографической съемки [2].

Основная часть. Средняя погрешность межевых знаков согласно ТКП 289-2010 (03150) «Установление, закрепление границ земельных участков. Порядок проведения» [1] не должна превышать 0,1 мм в масштабе создаваемого кадастрового плана (для масштаба 1:500 погрешность не должна превышать 5 см). Такая точность может быть обеспечена применением современных геодезических приборов: электронных тахеометров и спутниковых приёмников.

Спутниковая система реализует новую прогрессивную технологию, которая заключается в оборудовании обслуживаемой территории сетью постоянно действующих референционных станций, обеспечивающих позиционирование пользователей в режиме реального (RTK) и отложенного (постпроцессинг) времени. В Спутниковой системе используется информация космических навигационных систем GPS и ГЛОНАСС. Точность спутниковых измерений координат характерных точек объектов недвижимости необходимо увязывать с требованиями по точности определения площадей, например, по методике, предложенной в работе [3]. При проведении кадастровых работ в Саргатском районе предпочтительно применение спутниковых технологий, что, несомненно, повышает точность измерений. Несмотря на это, необходимо проводить контроль полученных результатов.

Контроль правильности проведения геодезических работ производят путем полевого обследования и камеральной обработки материалов работ.

Подготовительный этап требует внимательного и сосредоточенного изучения всех материалов. Проект готовят из двух частей: графической и текстовой. Текстовая часть содержит следующие сведения: о приборе; о причинах проведения уточнения границ; о приметах местности; данные, которые отображены в старой документации; информацию о предыдущем межевании, если такое проводи-

лось; порядок, по которому планируется собирать новые данные; при необходимости проведения новых подсчётов или для проверки старых данных необходимым является уточнение о формулах и порядке расчётов; предполагаемые сроки сдачи проекта.

Просмотр материалов дает возможность установить правильность, точность определения координат характерных точек уточняемого земельного участка, полноту и комплектность ведения записей, вычислений, оформления и комплектования материалов по результатам работ.

В соответствии с основными направлениями модернизации государственной геодезической сети РФ наиболее перспективным для решения геодезических задач считается применение спутниковых технологий [3; 5]. Значит ли это, что спутниковые методы определения местоположения в ближайшем будущем полностью заменят наземные при выполнении кадастровых съёмок?

Действительно, при наличии сети постоянно действующих референционных станций применение GPS-приёмников для определения положения межевых знаков имеет явные преимущества перед наземными методами, прежде всего такие как:

- значительное уменьшение плотности опорной сети;
- возможность получения координат межевых знаков с необходимой точностью независимо от локальных деформаций государственных и местных геодезических сетей;
- значительное снижение временных затрат на производство полевых измерений.

Например, при определении положения границ земельного участка, расположенного на территории Чеченской Республики, с использованием GPS-приёмников количество пунктов опорной сети в 2,5 раза меньше, чем при применении электронных тахеометров (два пункта к пяти). Такое уменьшение количества пунктов стало возможным благодаря использованию постоянно действующего пункта спутниковой геодезической сети 1 класса.

Схемы опорных сетей для определения положения границ земельного участка с применением GPS-приёмников и электронных та-

хеометров представлены на рисунках 1, 2 соответственно [4].

Результаты показывают, что в благоприятных для выполнения измерений условиях оба метода позволяют определять координаты межевых знаков с точностью 2 см. Следовательно, каждый способ может применяться для выполнения работ по установлению границ земельных участков. Выбор в пользу одного из способов зависит от следующих факторов:

- характера местности (открытая, застроенная и т. д.);
- расположения исходных пунктов;
- наличия соответствующих геодезических приборов и квалифицированных исполнителей;
- объема финансирования и сроков выполнения работ.

Точность определения положения межевых знаков зависит в основном от погрешности пунктов опорной сети и погрешности измерений [4; 5], а следовательно, от применяемых приборов и методов.

Специалисты компании НАВГЕОКОМ возводят в Чеченской Республике опорно-межевую сеть, которая в данный момент уже охватывает большую часть региона. С реализацией этого проекта связано развертывание в г. Грозном регионального центра оказания услуг в области межевания и восстановления опорно-межевой сети. Центр будет осуществлять обработку статических спутниковых измерений пользователей GPS/ГЛОНАСС оборудования, решать вопросы межевых споров.

Специалисты связывают перспективы развития и использования сети станций в Чеченской Республике с активным промышленным освоением территории, добычей полезных ископаемых и крупными инфраструктурными проектами.

На первом этапе строительства сети инженеры компании НАВГЕОКОМ – Юг завершили установку трёх базовых станций Leica GMX902 GG и программного обеспечения Leica GNSS Spider, сейчас сеть работает в тестовом режиме. Функциональные возможности системы обеспечивают работу в реальном времени и удобство авторизации пользователей сети.

На втором этапе будет произведено уравнение геодезической сети, будут получены все необходимые юридические документы. Специалисты НАВГЕОКОМ обучат персонал Центра и пользователей сети работе с оборудованием и программным обеспечением.

В перспективе запланирована установка базовых станций в городах Назрань, Владикавказ, Пятигорск и их объединение в единый информационный комплекс.

В настоящее время лидерами по производству высокоточных геодезических приборов являются такие компании, как Leica (Швейцария), Sokkia (Япония), Trimble (США). Сейчас современные приборы являются высокоточными электронными оптико-механическими инструментами, предназначенные для эксплуатации в сложных условиях. Они имеют оптимальные размеры, вес и в меньшей степени зависят от погодных условий. Также приборы стали более эффективными по точности и производительности измерений. Принцип работы этих приборов аналогичен ранее созданным.

Нельзя не сказать о новых компьютерных программах, которые используют геодезисты для своей работы. Самыми актуальными программами считаются Pythagoras и Арго Чертеж 7. Pythagoras используют для графической части межевых и технических планов, а Арго Чертеж 7 – для оформления и создания кадастровых документов [3, 9].

В настоящее время вводят в эксплуатацию роботизированные станции, которые могут без участия человека по заранее заложенной программе производить измерения объектов недвижимости. С момента начала производства геодезических приборов прошло много времени. С тех пор ученые создали теодолиты, нивелиры, тахеометры, дальнометры, лазерные рулетки и т. д. Но время движется вперед, и с каждым годом геодезические приборы все более модернизируют, оснащают современным программным обеспечением, что делает работу геодезистов и кадастровых инженеров более эффективной и качественной [3].

Приемники, работающие в системе GPS (или системе ГЛОНАСС), – высокоточное оборудование, используемое для получения точных данных при выполнении кадастровых и

геодезических работ. GPS-геодезия позволяет сократить временные и трудовые затраты и облегчает выполнение инженерно-геодезических изысканий. GPS (система глобального позиционирования) представляет собой 24 спутника, скоординированных между собой и передающих навигационную информацию на землю. Прием данных осуществляется спутниковыми приемниками, как простыми, задействованными в навигаторах, так и технически сложными, установленными в высокоточном, в том числе и геодезическом, оборудовании.

При использовании GPS-оборудования снижаются сроки геодезических работ, т.к. идет одновременный сбор и последующая обработка координатных данных (рис. 1.) [1-7].

Рис. 1. – GPS-приемники

При помощи геодезических приемников стало возможно определение координат с точностью до миллиметров. Но для того, чтобы применять данные, полученные при съеме координат точек, нужно обработать полученные GPS-приемником данные. А вот ПО навигационных приемников GPS позволяет экспортировать данные с приемника на внешние устройства и импортировать в него необходимые данные о траекториях и маршрутах [10].

Программное обеспечение

Для чего нужно программное обеспечение при выполнении разных геодезических задач? На самом деле программное обеспечение (ПО) визуализирует снятые на GPS-приемниках данные (рис. 2). Существуют программы, созданные специально для корректировки дан-

ных, например, можно уравнивать координатное поле или удалять, при необходимости, координаты.

Рис. 2. – Передача данных

Выбор ПО и его разновидности при обработке данных GPS

При выборе программного обеспечения следует знать, что разное ПО выполняет различные функции. Например, при использовании геодезических приемников ПО позволяет предварительно производить разбивку, иначе говоря: планировать съёмку, создавать цифровые карты, перемещать данные с приемника на компьютер и т.д. [10].

Рис. 3. – Навигационные приемники

В навигационных приемниках используется навигационное программное обеспечение, позволяющее находить искомые пункты, про-

кладывать маршруты, записывать траектории во время движения (рис. 3).

Рис. 4. – SmartStation

На примере полевого инструмента компании LeicaGeosystems, Smartstation рассмотрим возможности его ПО. Smartstation (рис. 4.) представляет собой соединенный электронный тахеометр TPS1200 и двухчастотный GPS-приемник. Уникальность его заключается в том, что он особо эффективен там, где съемочное обоснование недостаточно развито или отсутствует.

Второй его уникальной чертой является новая версия внутреннего ПО тахеометров Leica TPS1200 (firmware 3.0). Оно позволяет записывать «сырые» спутниковые измерения.

Обработка данных GNSS и TPS измерений производится в едином многофункциональном программном обеспечении LeicaGeoOffice. Возможность совместной обработки данных полезна, когда нет доступа к исходному пункту, и базовая точка устанавливается рядом с ним. Достаточно один раз настроить LeicaGeoOffice, чтобы потом использовать его на всех этапах обработки данных.

К таким опциям относятся:

- постобработка GPS/ГЛОНАСС измерений;
- преобразование координат из WGS84 или ПЗ-90 в локальную систему координат;
- импорт данных в формате RINEX;

- уравнивание сети;
- экспорт данных в GIS/CAD форматах и многие другие опции.

Таким образом, итогом работы является предоставление основной информации о программном обеспечении, обработке GPS-данных, а также основных видах таких ПО и их основных характеристиках.

Для производства топографических съемок на первом этапе создается геодезическое обоснование. Геодезическими сетями называют совокупность точек (пунктов), закрепленных на местности определенным образом, положение которых определено в единой системе координат и высот. Геодезические сети подразделяются на плановые и высотные, по точности подразделяются: на государственную геодезическую сеть (ГГС) 1, 2, 3, 4 классов, сети сгущения 1 и 2 разрядов, съемочные сети. В связи с широким внедрением в геодезическую деятельность спутниковых технологий, в настоящее время наиболее рациональным методом определения положения пунктов сети является применение спутниковых геодезических средств глобальной системы позиционирования GPS, это обусловлено тем, что спутниковые технологии превосходят традиционные методы по точности и оперативности получения данных. Создание планово-высотной съемочной геодезической сети выполняется спутниковой геодезической аппаратурой, например GPS Trimble R7, R8 (рис. 5).

Рис. 5. – Внешний вид GPS приемника Trimble R7

Применяя метод GNSS определений, расстояние до спутника определяется по време-

ни прохождения радиосигнала от спутника до приемника. Как спутник, так и приемник генерируют один и тот же псевдослучайный код строго одновременно в общей шкале времени. Топографические работы с применением GPS-технологий выполняются в два этапа. Первый этап – определение на местности координат точки, которая впоследствии будет играть роль базовой станции.

Второй этап – топографическая съемка местности GPS-приемниками, он возможен только при наличии работающего приемника, установленного на базовой станции, координаты которой определены на первом этапе. Первый этап работ по определению координат базовой станции иначе называют «координирование базовой станции». Площадь района производства работ ограничивается длиной базовой линии, которая может быть вычислена между базовым и роверным приемником. В случае, когда базовый приемник – одночастотный, длина базовой линии обычно не превышает 20-25 км. При использовании двухчастотного приемника – это расстояние в большинстве случаев не превышает 50 км. После определения границ участка работ приблизительно в его центре отыскивается место для установки базовой станции. Это место должно удовлетворять следующим основным условиям: открытое небесное пространство для спутниковых наблюдений, защищенность от механических повреждений как самого приемника, так и его элементов, сохранность спутниковой аппара-

туры в период проведения работ. Для каждого метода геодезической съемки соответствуют разные ситуации, представленные в табл. 1.

Статическая съемка является точным методом геодезической съемки. При статической съемке антенна устанавливается над точкой на штативе (рис. 6).

Рис. 6. – Положение антенны над точкой при статической съемке

Методы геодезических съемок GPS-приемниками. Приемники классифицируются по конструктивным особенностям – типу слежения за спутниками, видам принимаемых и обрабатываемых сигналов, по портативности и техническим возможностям, по точности и стоимости (рис. 7, 8).

Точность определения координат GPS-приемниками. На точность определения координат существенное влияние оказывают

Таблица 1 – Методы геодезических съемок GPS-приемниками

Методы геодезической съемки	Соответствующие ситуации
Статическая съемка	Когда требуется измерение большой базовой линии и/или высокая точность
Быстрая статическая съемка	Когда требуется высокая точность на коротком расстоянии при ограниченном времени работ
Кинематическая съемка Стою – Иду (StopandGo)	Когда требуется проведение наблюдений большого числа точек на коротком расстоянии при ограниченном времени работ
Непрерывная кинематическая съемка	Динамическая топографическая съемка
Кинематическая съемка в реальном времени (RTK)	Вынесение объекта в натуру, топографическая съемка и другие случаи, когда требуется получение точных координат большого числа точек в реальном времени

Рис. 7. – Внешний вид ручного GPS-приемника

Рис. 8. – Внешний вид многоканального GPS-приемника

ошибки, возникающие при выполнении процедуры измерений. Природа этих ошибок различна.

Заключение. В заключение необходимо отметить, что рассмотрены современные геодезические технологии инженерно-геодезических изысканий с применением GNSS-технологий и геодезического оборудования. Эффективность использования данной технологии инженерно-геодезических изысканий очевидна, в настоящее время актуальна и обеспечивает высокую производительность.

С учётом вышесказанного можно прогнозировать, что в ближайшем будущем в практике кадастровых работ GPS-технологии в чистом виде не найдут в России широкого применения.

Выводы, ожидаемый эффект. Программный комплекс TRIMBLE BusinessCenter, используемый при обработке геодезических

данных. TrimbleBusinessCenter является идеальной офисной программой для обработки и анализа геодезических данных GNSS и наземных геодезических данных (тахеометра и нивелира), зарегистрированных в полевых условиях, а также для их экспорта в пакет программ для САПР. В настоящее время вводят в эксплуатацию роботизированные станции, которые могут без участия человека по заранее заложенной программе производить измерения объектов недвижимости. С момента начала производства геодезических приборов прошло много времени. С тех пор ученые создали теодолиты, нивелиры, тахеометры, дальномеры, лазерные рулетки и т. д. Но время движется вперед, и с каждым годом геодезические приборы все более модернизируют, оснащают современным программным обеспечением, что делает работу геодезистов и кадастровых инженеров более эффективной и качественной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аврунев Е. И. Геодезическое обеспечение государственного кадастра недвижимости: монография. Новосибирск: СГГА, 2010. 143 с.
2. Антонович К. М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии В 2 т. Т. 1. Монография / ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2005. 334 с.
3. Картография: Справочное пособие к лабораторным работам и контрольной работе для студентов всех форм обучения направления бакалавриата 120700 – «Землеустройство и кадастры» / Бердзенишвили С. Г., Гура Д. А., Желтко Ч. Н., Кравченко Э. В. // ФГБОУ ВПО «КубГТУ». Краснодар: Издательский Дом Юг, 2014.

4. Геодезия: учебник для студ. учреждений высш. образования / Илюшин Е. Б., Киселев М. И., Михелев Д. Ш., Фельдман В. Д.; под ред. Д. Ш. Михелева. М.: Академия, 2014. 496 с.
5. Karpik A. P., Avrunev E. I., Truhanov A. E. To the question of geodetic and cartographic provision of cadastral register // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Vol. 10. №18. P. 39601-39602.
6. Купреева Е. Н. Наука и образование: проблемы и тенденции развития: Материалы V Международной научно-практической конференции, г. Уфа, 2017. 227 с. «Применение GNSS-технологий для целей межевания». С. 113-122.
7. Кузнецова А. А., Гура Д. А., Шевченко Г. Г. Опыт использования технологий и оборудования Leica Geosystems в учебно-образовательном процессе КубГТУ. Выполнение хозяйственных работ // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). 2013. №4. С. 64-66.
8. Seredovicli V.A., Avrunev E.I., Plyusnina E.S. Proposals on mathematical processing. Improvement of geodetic measurements for geodetic monitoring of engineering constructions // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Vol. 10. №24. Pp. 45553-45557.
9. China Construction of Geometric Model and Topology for 3d Cadastre – case Study in Taizhou, Jiangsu/ Yuan Ding, Changbin Wu, Nan Jiang, Bingqing Ma, Xinxin Zhou // FIG Working Week 2016 Recovery from Disaster Christchurch. New Zealand, May 2-6, 2016. Режим доступа: http://www.gdmc.nl/3DCadastres/literature/3Dcad_2016_06.pdf
10. Thompson R.J., Van Oosterom P., Soon K.H. Mixed 2 D and 3D Survey Plans with Topological Encoding [Электронный ресурс] // FIG Working Week 2016 Recovery from Disaster Christchurch. – New Zealand, May 2-6, 2016. Режим доступа: http://www.gdmc.nl/3DCadastres/literature/3Dcad_2016_17.pdf

METHODS OF GEODETIC SUPPORT CADASTRE OF URBAN LAND SATELLITE AND TERRESTRIAL TECHNOLOGIES

© E. I. Ibragimova, I. G. Gayrabekov

GSTOU named after acad. M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia.

Among the most important information of the real estate cadastre include geodetic materials. These data represent the coordinate values of the characteristic points describing the boundaries of the spatial position of the property. Traditional surveying instruments and technologies are not able today to provide high-quality and operational geodetic support of cadastral works. While the introduction of new technologies of geodetic measurements and constructions have a number of advantages and can replace traditional technologies. Thanks to the equipment of devices with modern software and commissioning of robotic stations, allowing without human intervention to make measurements, makes the work of cadastral engineers more efficient. This article describes the basics of surveying land cadastre. The aim is to consider the technological stages of engineering and geodetic surveys. To achieve the goal, the following tasks: to consider methods of surveying using GNSS – technologies, to pay attention to the design features of devices and equipment for this type of work, as well as software products that are used for information processing.

Keywords: engineering-geodetic surveys, GNSS – technologies, methods of geodetic surveys, software, cadastre, cartography, computer equipment, GPS receivers, topographic survey, accuracy of coordinates.

REFERENCES

1. Avrunev, E. I. (2010) Geodezicheskoe obespechenie gosudarstvennogo kadastra nedvizhimosti: monografiya. [Geodetic support of the state real estate cadastre: monograph]. Novosibirsk: SGGA. 143 p.
2. Antonovich, K. M. (2005) Ispol'zovanie sputnikovykh radionavigatsionnykh sistem v geodezii. V 2 t. T. 1. Monografiya [The use of satellite radio navigation systems in geodesy V 2 tons T. 1. Monograph] / GOU VPO «Sibirskaya gosudarstvennaya geodezicheskaya akademiya». [GOU VPO "Siberian State Geodetic Academy"]. M.: FGUP «Kartgeotsentr», 334 p.
3. Berdzenishvili, S. G., Gura D.A., Zheltko, Ch. N. and Kravchenko, E. V. (2014) Kartografiya: Spravochnoe posobie k laboratornym rabotam i kontrol'noi rabote dlya studentov vseh form obucheniya napravleniya bakalavriata 120700 [Cartography: A reference manual for laboratory work and control work for students of all forms of training in the direction of undergraduate work and control work for students of all forms of training in the direction of undergraduate 120700] 'Zemleustroistvo i kadastry' [Land Management and Cadastres] / FGBOU VPO «KubGTU». Izdatel'skii Dom Yug, Krasnodar.
4. Ilyushin, E. B., Kiselev, M. I., Mikhelev, D. Sh., Feldman, V.D. Pod red. D. Sh. Mikheleva (2014) Geodeziya: uchebnik dlya stud. Uchrezhdenii vyssh. Obrazovaniya [Geodesy: a textbook for students. Higher education institutions Education]. «Akademiya», M.: 496p.
5. Karpik, A. P., Avrunev, E. I. and Truhanov, A. E. (2015) 'To the question of geodetic and cartographic provision of cadastral register' // *International Journal of Applied Engineering Research*. Vol. 10, No. 18. Pp. 39601-39602.
6. Kupreeva, E. N. (2017) Nauka i obrazovanie: problemy i tendentsii razvitiya *Materialy V Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*, [Science and education: problems and development trends. Materials of the V International Scientific and Practical Conference]. p. 227. «Primenenie GNSS tekhnologii dlya tselei mezhevaniya». ["The use of GNSS technology for land surveying."] Ufa, pp. 113-122.
7. Kuznetsova, A. A., Gura, D. A. and Shevchenko, G. G. (2013) Opyt ispol'zovaniya tekhnologii i oborudovaniya Leica Geosystems v uchebno-obrazovatel'nom protsesse KubGTU. Vypolnenie khozdogovornykh rabot. Nauka. Tekhnika. Tekhnologii (politekhnikeskii vestnik). [Experience in using Leica Geosystems technologies and equipment in the educational process of KubSTU. Execution of contractual work. *The science. Equipment. Technologies (Polytechnic Bulletin)*.] №4. pp. 64-66.
8. Seredovicii, V. A., Avrunev, E. I. and Plyusnina, E.S. (2015) Proposals on mathematical Processing Improvement of Geodetic Measurements For Geodetic Monitoring of Engineering Constructions // *International Journal of Applied Engineering Research*. Vol. 10, No. 24. Pp. 45553-45557.
9. Yuan Ding, Changbin Wu, Nan Jiang, Bingqing Ma and Xinxin Zhou China (2016) Construction of Geometric Model and Topology for 3d Cadastre – case Study in Taizhou, Jiangsu // FIG Working Week 2016 Recovery from Disaster Christchurch. New Zealand, May 2-6, 2016. Пе- жимдоступа: http://www.gdmc.nl/3DCadastres/literature/3Dcad_2016_06.pdf
10. Thompson R.J., Van Oosterom P. and Soon K.H. (2016) Mixed 2D and 3D Survey Plans with Topological Encoding // FIG Working Week /Recovery from Disaster Christchurch. – New Zealand, May 2-6, 2016.: http://www.gdmc.nl/3DCadastres/literature/3Dcad_2016_17.pdf