

* ТЕМА 1. КАРТОГРАФО-
ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
КАДАСТРА И ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА

ЛЕКЦИЯ 2. Современные методы
создания государственной
геодезической сети
и сетей сгущения

* Рекомендуемая литература:

- * 1. Неумывакин, Ю.К. Земельно-кадастровые геодезические работы: Учеб. / Ю.К. Неумывакин, Перский М.И. - М.: КолосС, 2008.-183 с.
- * 2. Генике, А. А. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и ее применение в геодезии / А.А. Генике, Г.Г. Побединский.- М.: Картгеоцентр - Геодезиздат, 1999. - 272 с.
- * 3. Неумывакин Ю.К., Перский М.И. Геодезическое обеспечение землеустроительных и кадастровых работ: Справ. пособие. - М.: Картгеоцентр - Геодезиздат, 1996.
- * 4. Инструкция по развитию съёмочного обоснования и съёмке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных систем ГЛОНАС
- * 5. Государственная геодезическая сеть Республики Беларусь. Порядок создания спутниковой геодезической сети 1 класса. ТКП 119-2007 (03150). Утв. И введен в действие приказом Государственного комитета по имуществу Респ. Бел. от 20.12.2007 г. № 369.

* ПЛАН ЛЕКЦИИ:

- * 1. Современное состояние Государственной геодезической сети Республики Беларусь (ГГС РБ) и ее модернизация.
- * 2. Общие требования к построению сетей сгущения для целей землеустройства и кадастра. Плотность пунктов на городских, застроенных и сельскохозяйственных территориях.
- * 3. Состояние геодезической сети на территории населенных пунктов. Реконструкция городских геодезических сетей.

* 1. Современное состояние
Государственной
геодезической сети
Республики Беларусь
и ее модернизация

* Геодезической основой земельно-кадастровых планов и работ по установлению (восстановлению) границ земельных участков являются:

- * государственная геодезическая сеть (ГГС) в виде пунктов триангуляции, полигонометрии, трилатерации 1, 2, 3 и 4 классов и приравненные к ним по точности пункты спутниковых определений;
- * геодезические сети сгущения в виде пунктов триангуляции, полигонометрии и трилатерации 1 и 2 разрядов;

- * пункты сгущения планово-высотного обоснования в сельских населенных пунктах, созданные для целей землеустройства;
- * закрепленные на местности межевые знаки, пункты плановой привязки аэроснимков и съемочной основы, в том числе точки поворота границ земельных участков, совмещенные с капитальными заборами, ограждениями и колодцами.

- * Плановая геодезическая основа Республики Беларусь, создававшаяся как единая геодезическая сеть бывшего СССР, включает 6,8 тыс. пунктов триангуляции 1, 2, 3 и 4 классов.
- * Средняя плотность пунктов государственной геодезической сети (ГГС) на территории республики составляет 1 пункт на 30,6 кв. км.

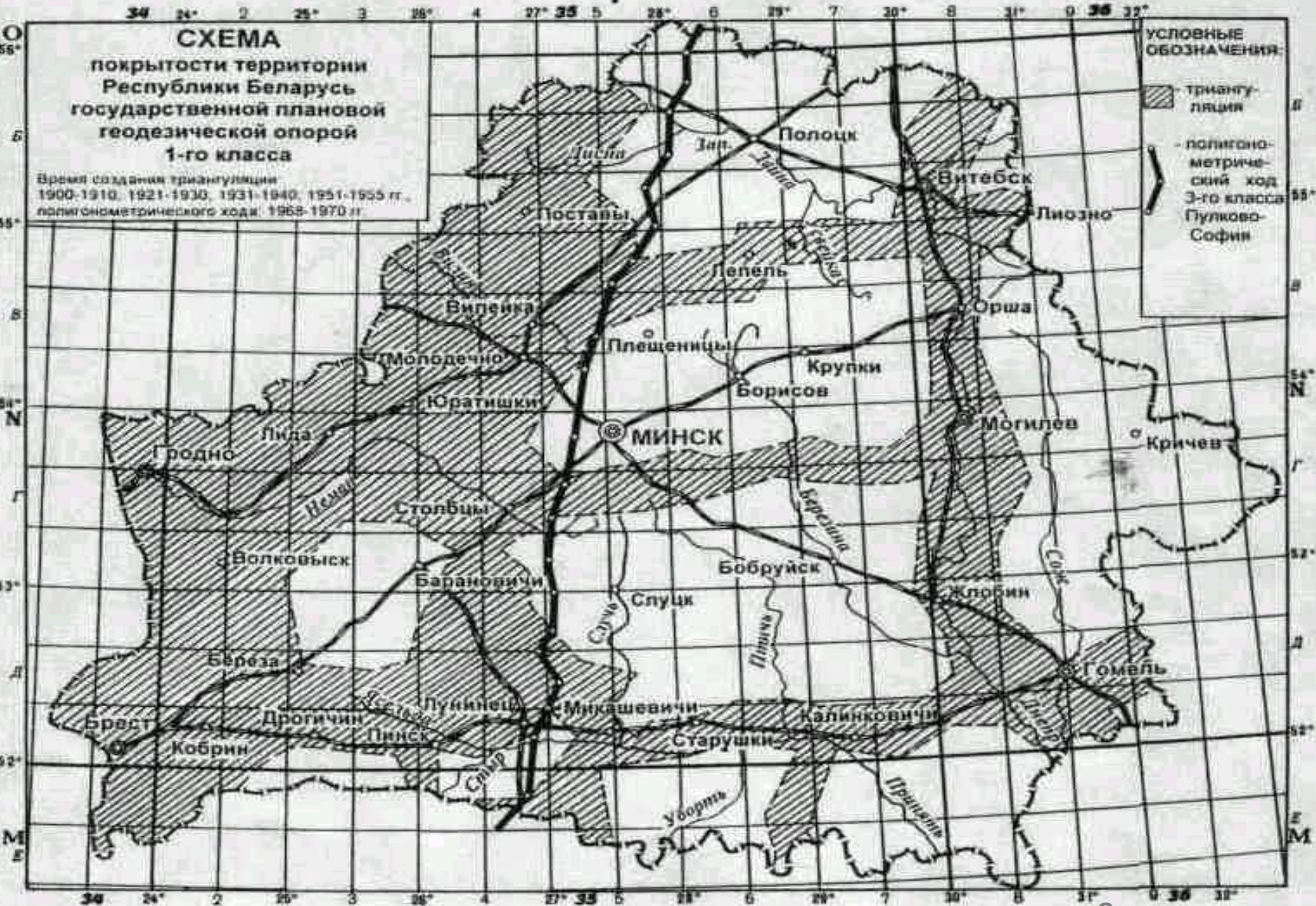
СХЕМА

покрытости территории
Республики Беларусь
государственной плановой
геодезической опорой
1-го класса

Время создания триангуляции
1900-1910, 1921-1930, 1931-1940, 1951-1955 гг.,
полигонометрического хода: 1958-1970 гг.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- триангуляция
- полигонометрический ход 3-го класса Пулковско-София

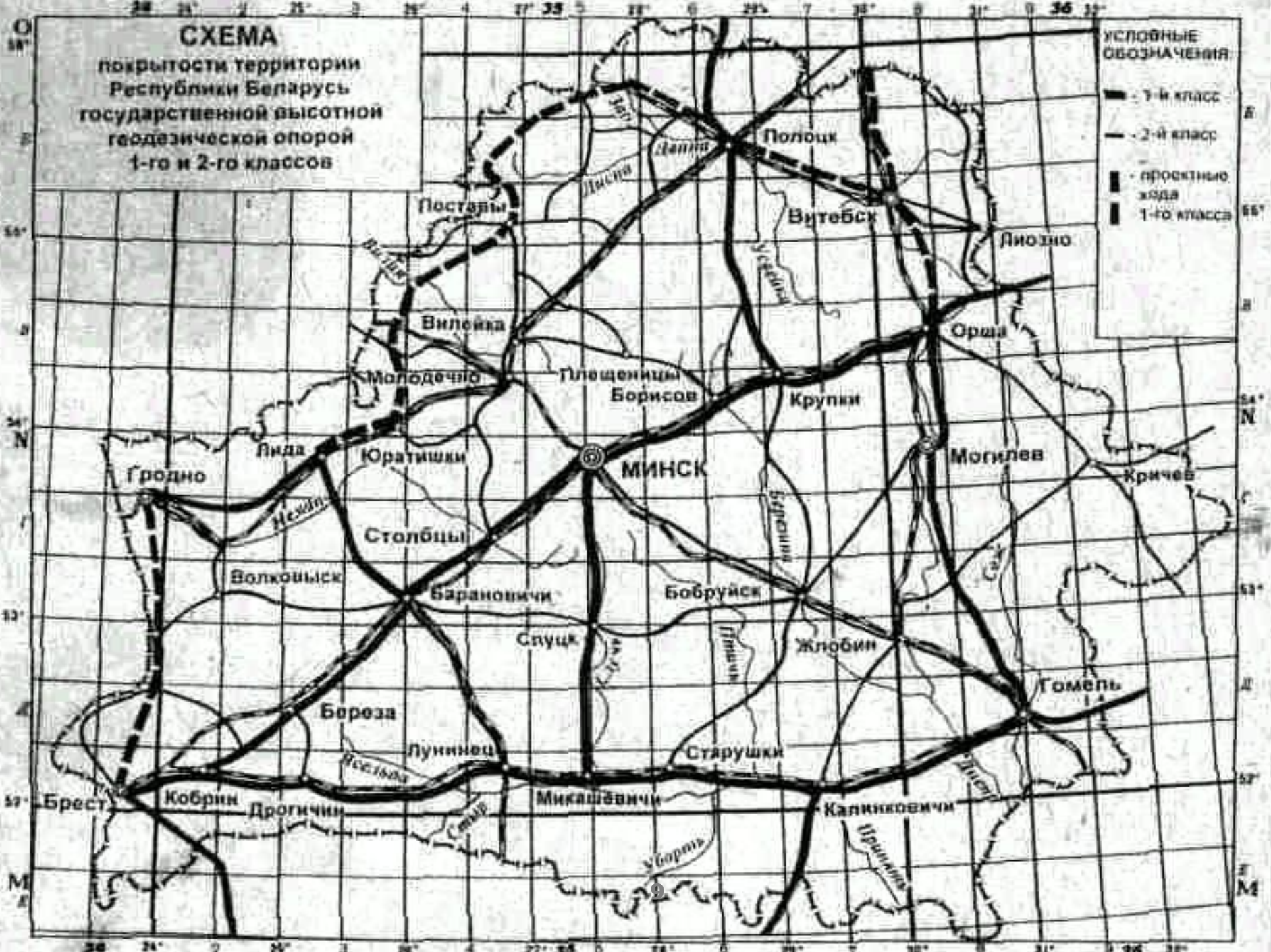


СХЕМА

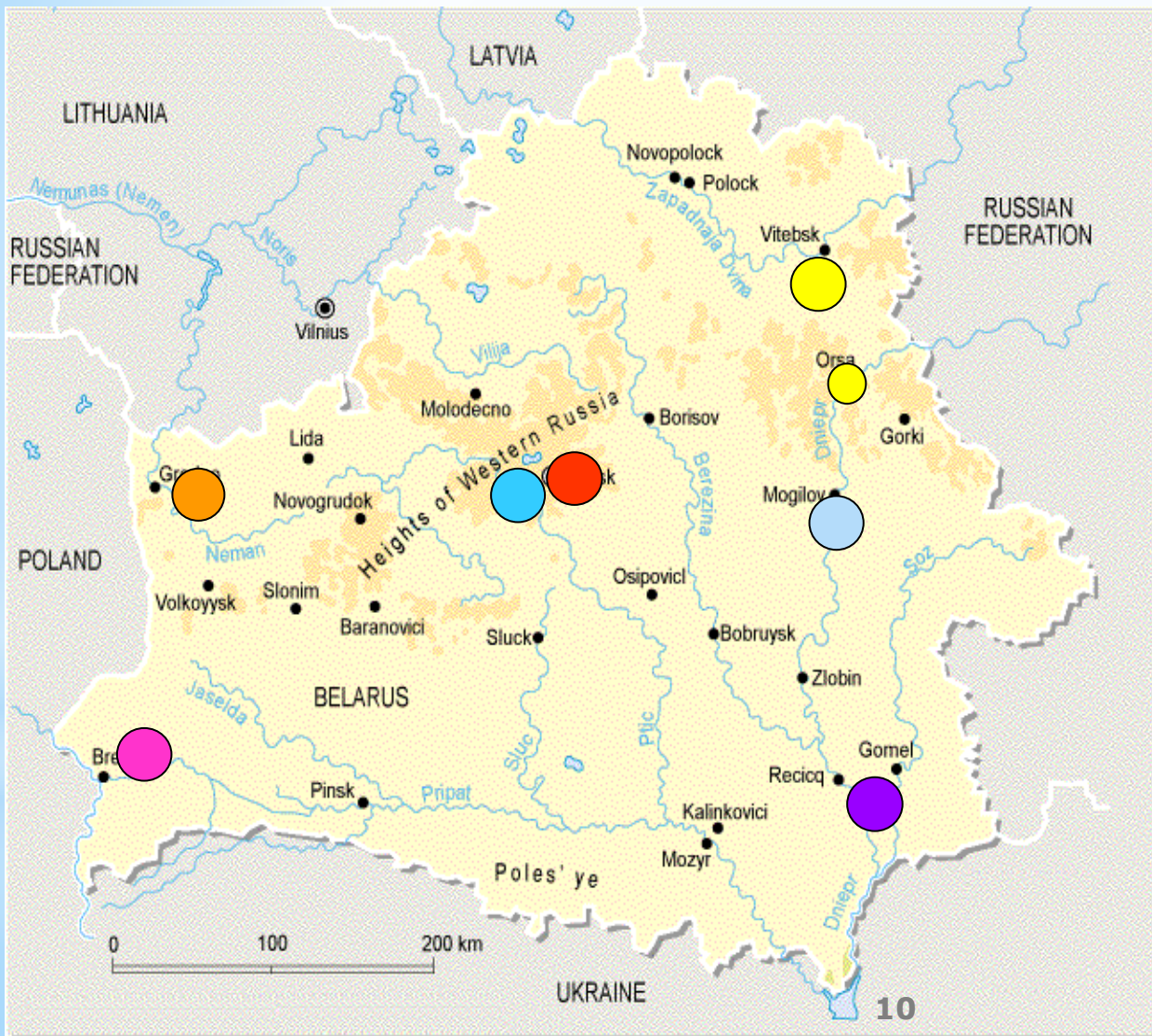
покрытости территории
Республики Беларусь
государственной высотной
геодезической опорой
1-го и 2-го классов

УСЛОВНЫЕ
ОБОЗНАЧЕНИЯ

- 1-й класс
- 2-й класс
- проектно
зада
- 1-го класса



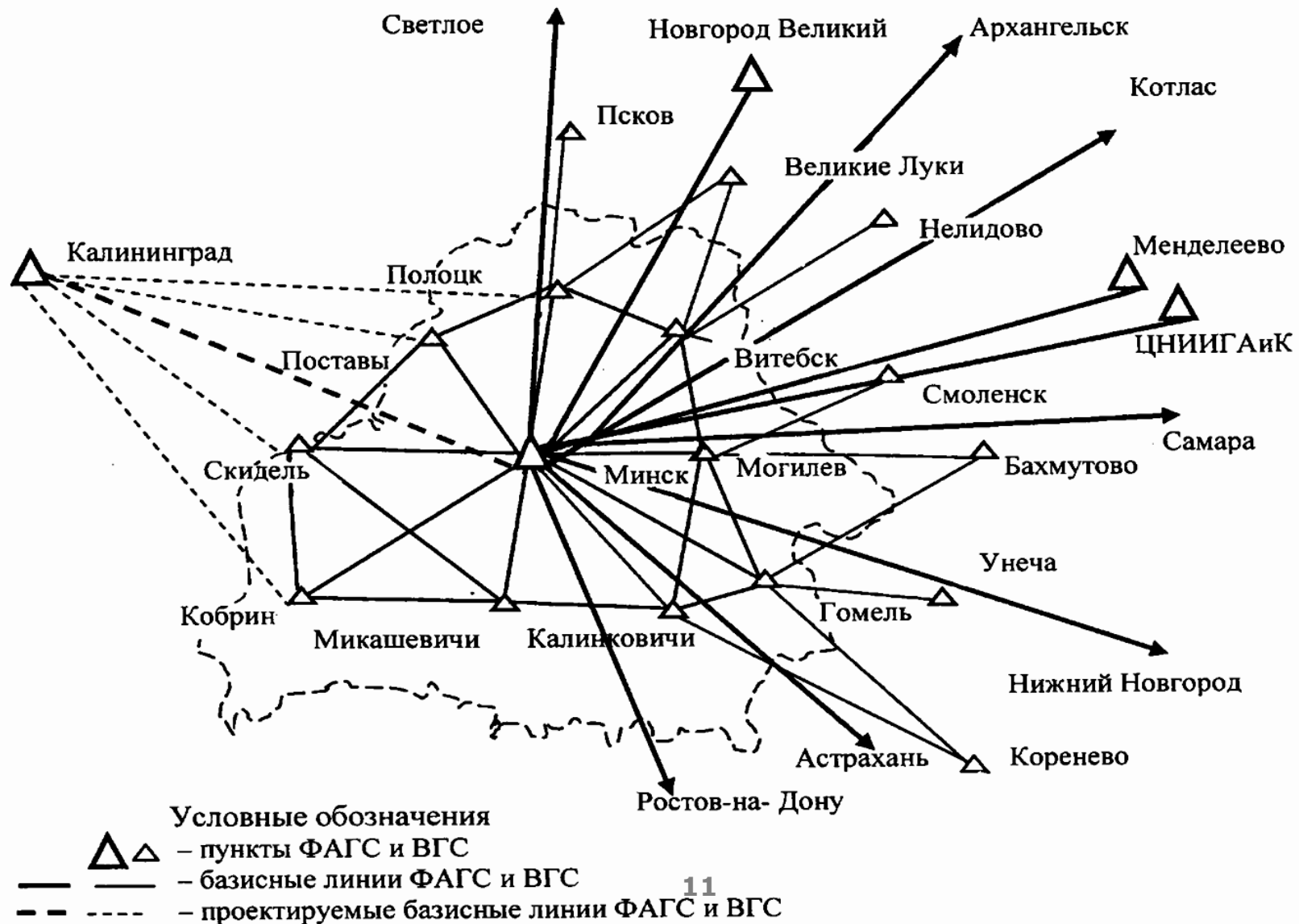
«БЕЛАЭРОНАВИГАЦИЯ»



АЭРОПОРТЫ:

- Национальный Аэропорт «МИНСК»-САТ II
- МИНСК-1
- ВИТЕБСК
- ГОМЕЛЬ
- ГРОДНО
- БРЕСТ
- МОГИЛЕВ
- Аэродром - ОРША

* Схема связи государственной геодезической сети Беларуси и России



Принципы модернизации ГГС

- * Максимальное использование существующей геодезической сети
- * Сохранение пунктов существующей АГС
- * Поэтапное доведение плотности пунктов ГГС до уровня, обеспечивающего интересы всех сфер экономики, науки и обороны
- * Обеспечение связи ГГС с геодезическими сетями других государств
- * Минимизация финансовых материальных и трудовых затрат

Основные задачи:

- * Устранение деформаций ГГС
- * Повышение плотности государственной геодезической основы
- * Обеспечение связи спутниковых и наземных геодезических сетей
- * Обеспечение распространения СК-95 и ПЗ-90 на всей территории РБ

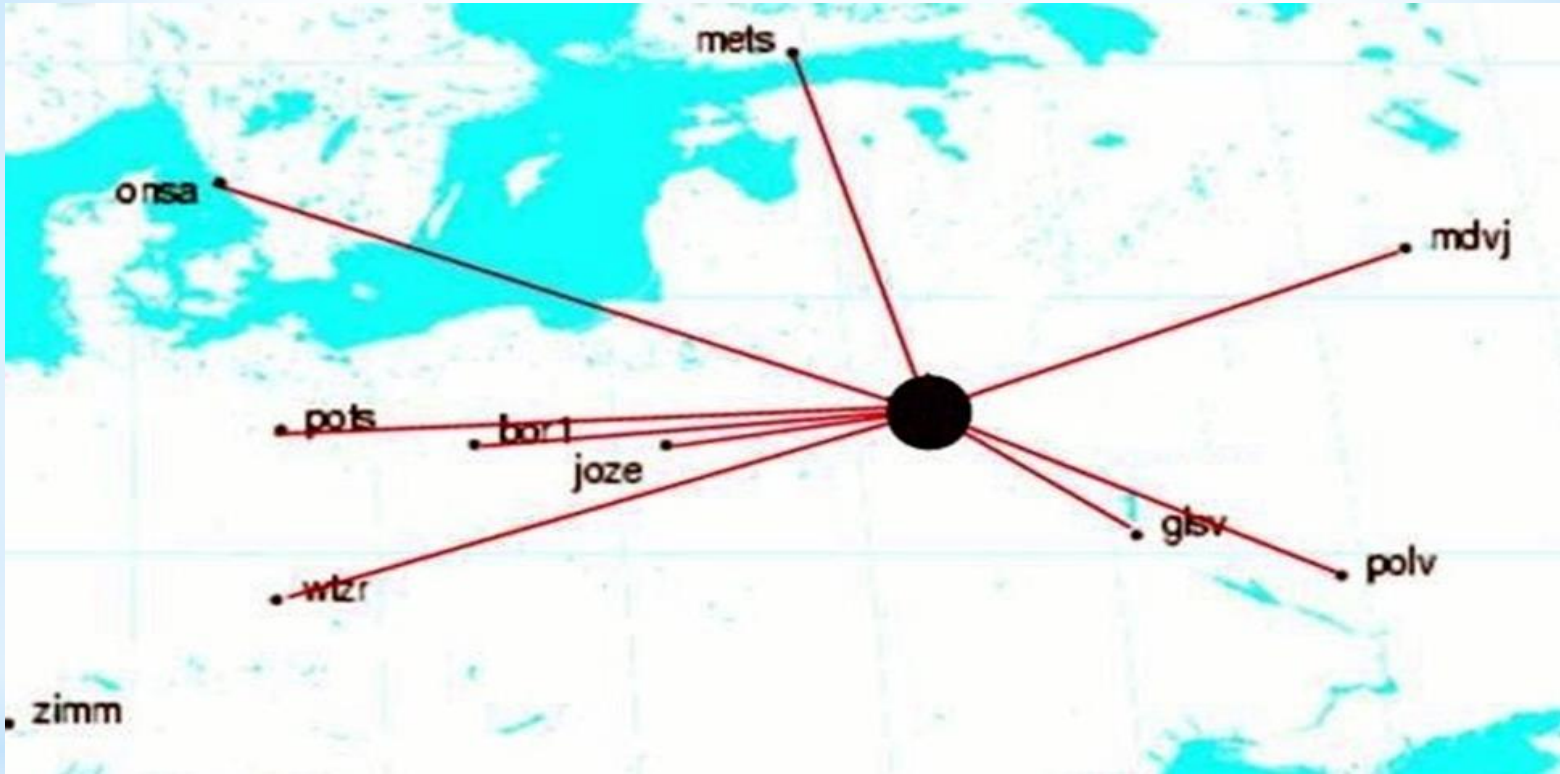
Совершенствование системы геодезического обеспечения картографирования территории РБ, решения навигационных задач, создания и ведения земельного кадастра, землеустройства и мониторинга земель, решения разнообразных научных задач

ГГС Республики Беларусь подразделяется на:

- фундаментальную астрономо-геодезическую сеть (ФАГС);
- высокоточную геодезическую сеть (ВГС);
- спутниковую геодезическую сеть 1 класса (СГС-1);
- геодезическую сеть сгущения (ГСС).

Плотность пунктов ГГС должна составлять не менее одного пункта на 30 кв. км. земной поверхности.

Связь СК-95 РБ с общеземной системой отсчета ITRS (ITRF 2005)

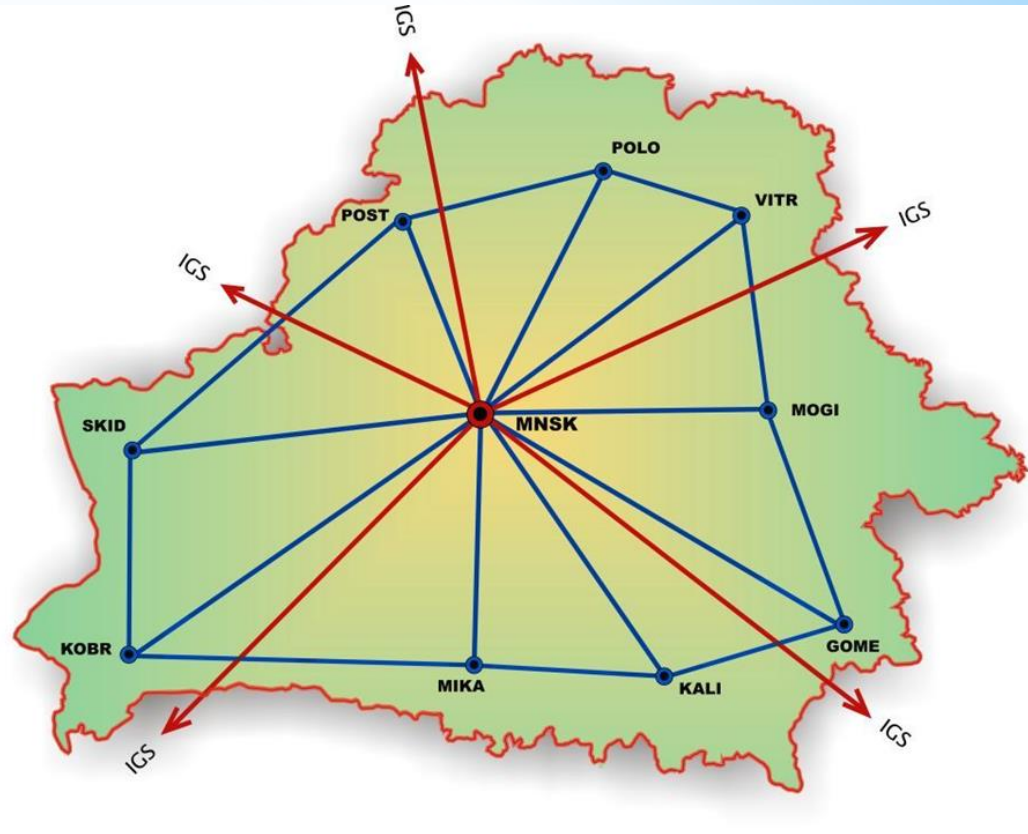


Некоторые детали кампании:

- Время наблюдения: 14x24 часа
- Программное обеспечение: Bernese software (v. 5.0)
- Сетевое решение включает 9 станций IGS

* Высокоточная геодезическая сеть

- Сетевое решение включает 5 станций IGS + пункт ФАГС.
- Координаты пунктов ФАГС и ВГС в ITRS на эпоху 23.04.2008 получены с внутренней надежностью **3,1** мм. Погрешность определения по отношению к опорным пунктам IGS – **6,5** мм;

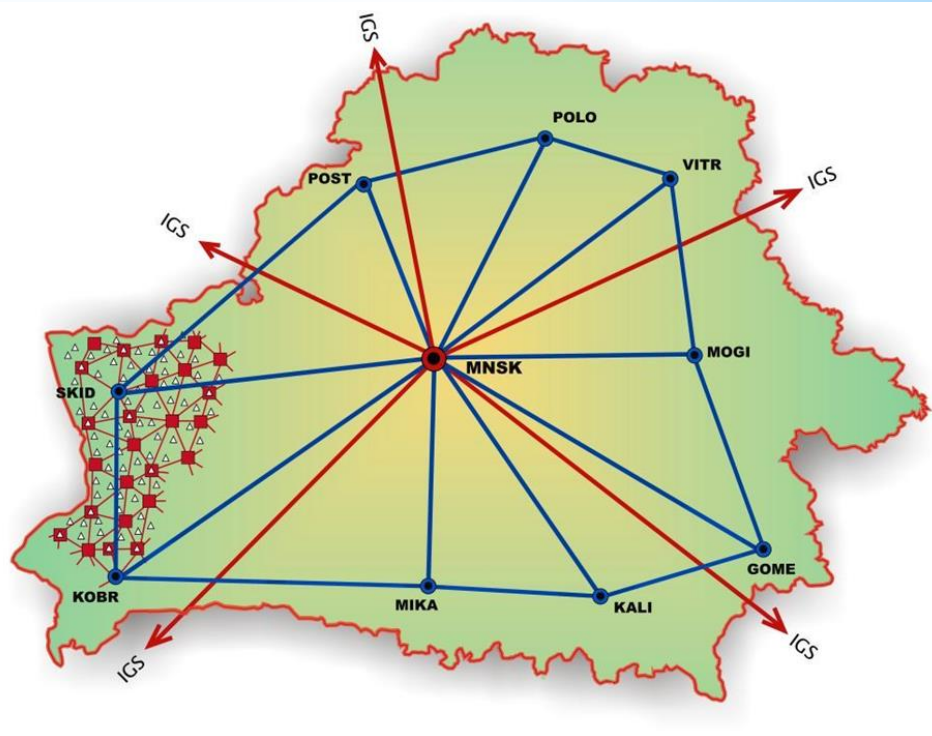


Некоторые детали кампании :

- Число пунктов: 9
- Время наблюдения : 4x24 часа
- Программное обеспечение: Bernese software (v. 5.0)

* Спутниковая геодезическая сеть 1 класса

- 306 пунктов (36%) совмещены со старой триангуляцией (1 и 2 класс астрономо-геодезической сети).
- Сетевое решение включает 9 пунктов Высочоточной геодезической сети (ВГС).



Некоторые детали кампании :

- Число пунктов: 846
- Время наблюдения : 2x6 часов
- Программное обеспечение : Pinnacle, GeoLab
- Средняя квадратическая погрешность определения планового положения от **2,8** мм до **13,6** мм
- Высоты от **4,0** мм до **18** мм.

В Республике Беларусь модернизация геодезической сети проведена в 3 этапа.

Первый этап - создана сеть повышенной точности (аналогичная ВГС) в виде двойной центральной системы которая имеет связь с существующими пунктами геодезических сетей за пределами Республики Беларусь.

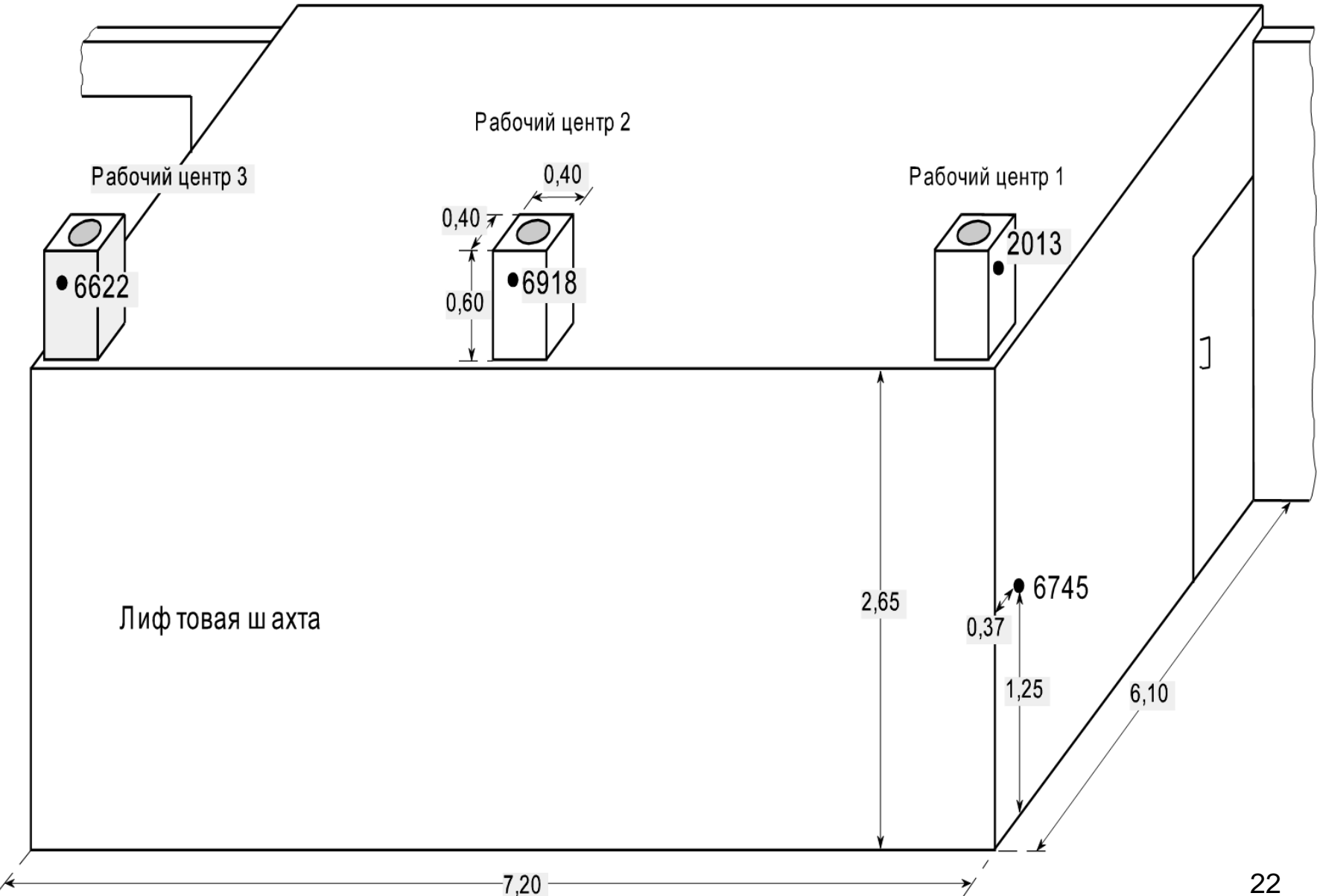
На втором этапе выполнено сгущение сети пунктами 1-3 классов до плотности обеспечивающей постановку работ по сплошной съемке территории в масштабе 1:2000. При этом предлагается отказаться от сгущения сети пунктами 4 класса.

На третьем этапе вставляется уравниваемая геодезическая сеть в редкую спутниковую сеть нулевого класса.

На первом этапе развития и модернизации ГГС в течении 2000 г. создан пункт фундаментальной астрономо-геодезической сети «Минск», являющийся составной частью созданной ФАГС на территории СНГ.

На пункте ФАГС «Минск» установлена совмещенная GPS/ГЛОНАСС базовая станция Legasi E GGD, и с этого времени она работает в режиме постоянно действующей (перманентной) станции.

Пункт фундаментальной астрономо-геодезической сети «Минск»



Требования к ФАГС

Пункт ФАГС должен иметь:

- основной центр;
- не менее четырех рабочих центров;
- не менее четырех контрольных центров.

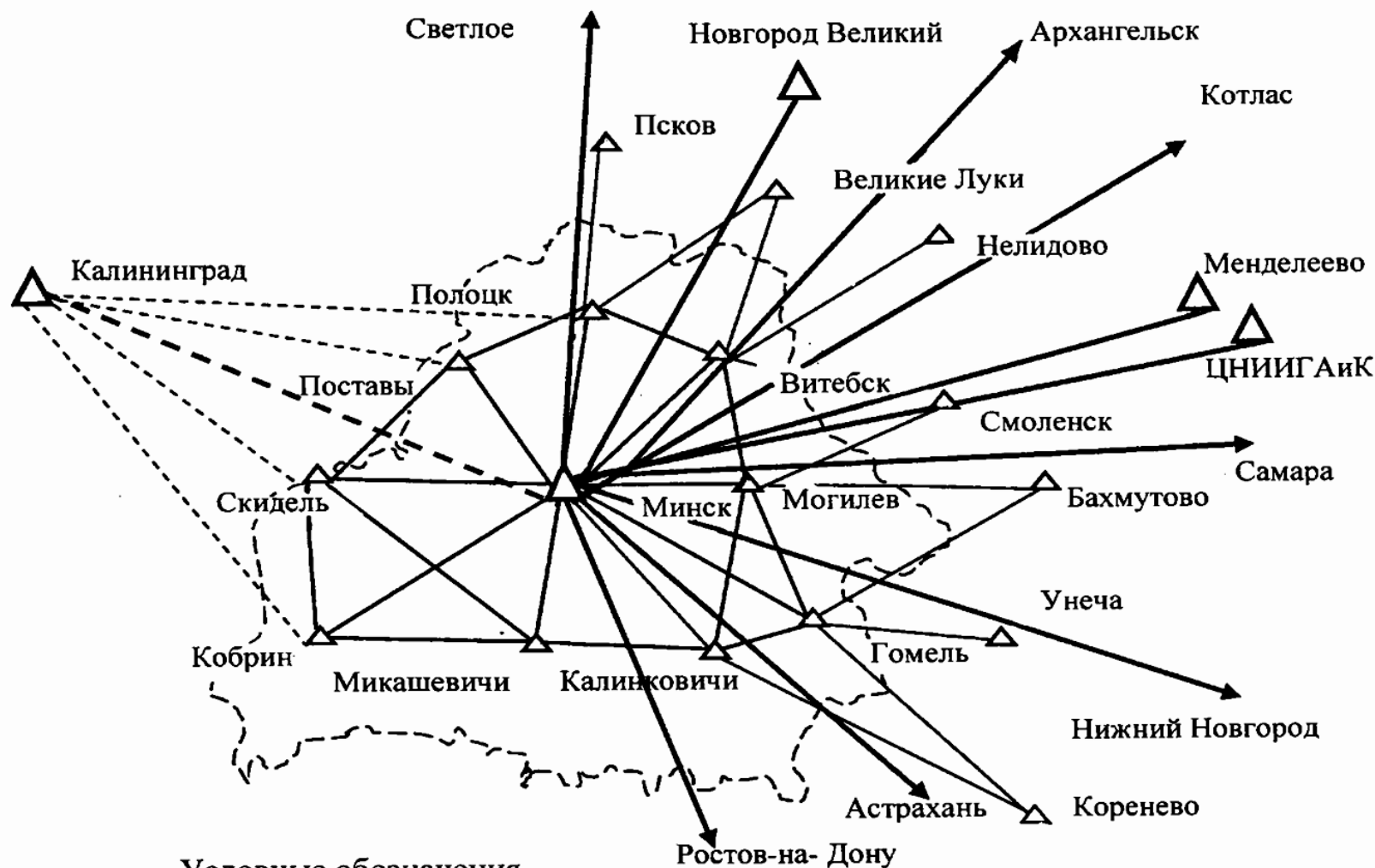
Допустимое пространственное смещение основного центра относительно его рабочих и контрольных центров не должно превышать 3 мм.

СКП взаимного положения пункта ФАГС относительно геодезических пунктов других государств не должна превышать 2 см по каждой из плановых компонент и 3 см по высотной компоненте с учетом скоростей их изменения во времени.

Следующим этапом модернизации - создание высокоточной геодезической сети (ВГС), представленной пунктами Поставы, Полоцк, Витебск, Могилев, Гомель, Калинковичи, Микашевичи, Кобрин и Скидель.

Расстояние между пунктами ВГС должно составлять 150-300 км.

Схема пунктов высокоточной геодезической сети (ВГС)



Условные обозначения

- $\triangle \triangle$ – пункты ФАГС и ВГС
- — — — — базисные линии ФАГС и ВГС
- - - - - проектируемые базисные линии ФАГС и ВГС

Требования к ВГС

Пункт ВГС должен иметь:

- основной центр;
- рабочий центр;
- контрольный центр.

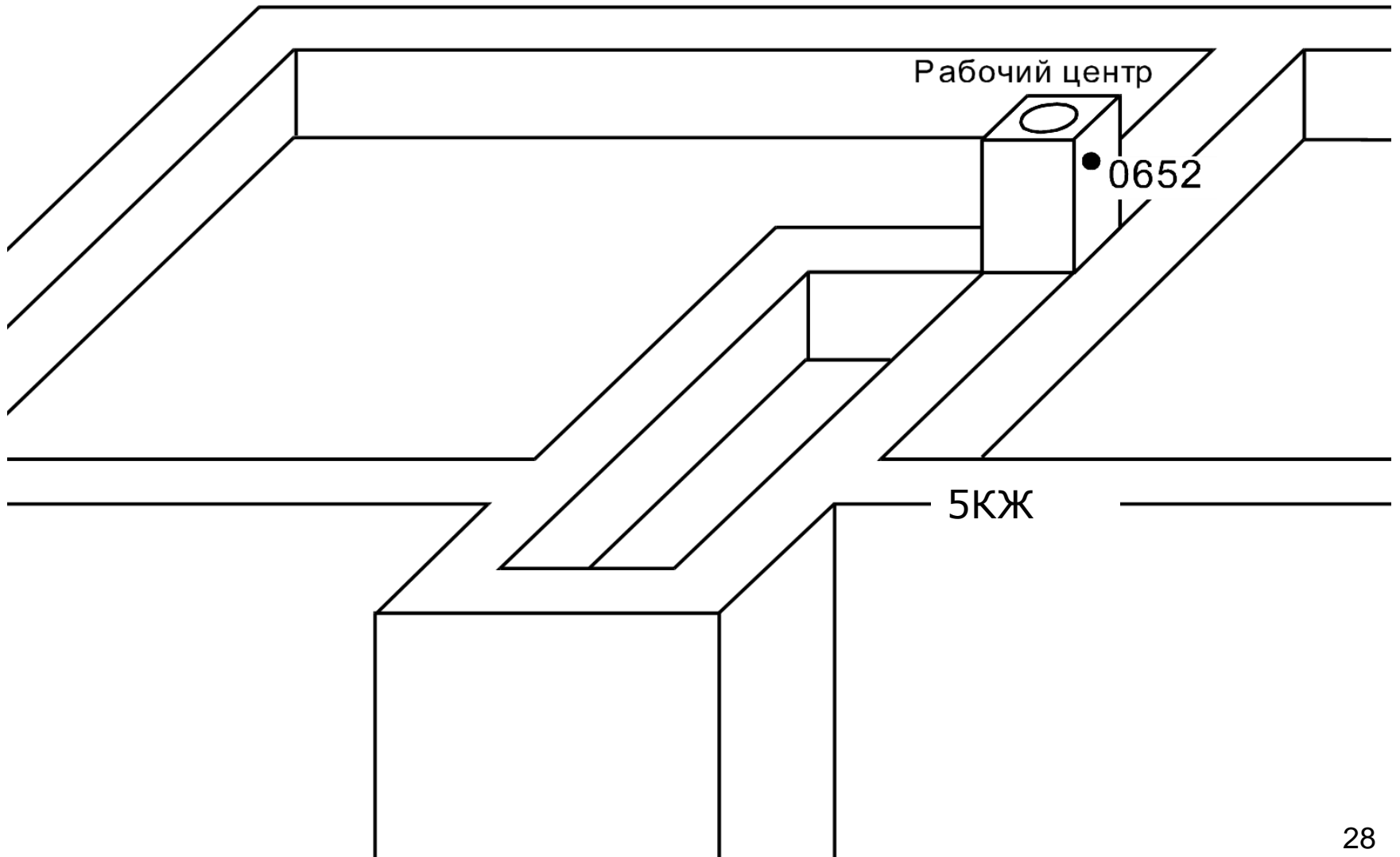
СКП определения координат пунктов ВГС относительно пункта ФАГС и геодезических пунктов других государств не должна превышать 1-2 см по каждой из плановых компонент и 2-3 см по высотной компоненте.

Точность взаимного положения пунктов:

- в плане – $m_x = m_y = 3 \text{ мм} + 5 \cdot 10^{-8} \cdot D;$
- по высоте - $m_z = 5 \text{ мм} + 7 \cdot 10^{-8} \cdot D;$

D – расстояние между центрами пунктов.

Витебск, здание предприятия «Проектный институт Витебскгипрозем»



Пункт Высоточной Геодезической Сети



Требования к СГС-1

Расстояние между пунктами СГС-1 должно составлять 15-25 км, а на территории городов, больших промышленных объектов – 8-12 км.

Пункт СГС-1 должен иметь:

- основной центр;
- два пункта-спутника.

СКП определения координат пунктов СГС-1 относительно пункта ФАГС и ВГС не должна превышать 3 см по каждой из плановых компонент и 5 см по высотной компоненте.

Точность взаимного положения пунктов:

- в плане - $m_x = m_y = 3 \text{ мм} + 1 \cdot 10^{-7} \cdot D;$
- по высоте - $m_z = 5 \text{ мм} + 2 \cdot 10^{-7} \cdot D;$

D – расстояние между центрами пунктов.



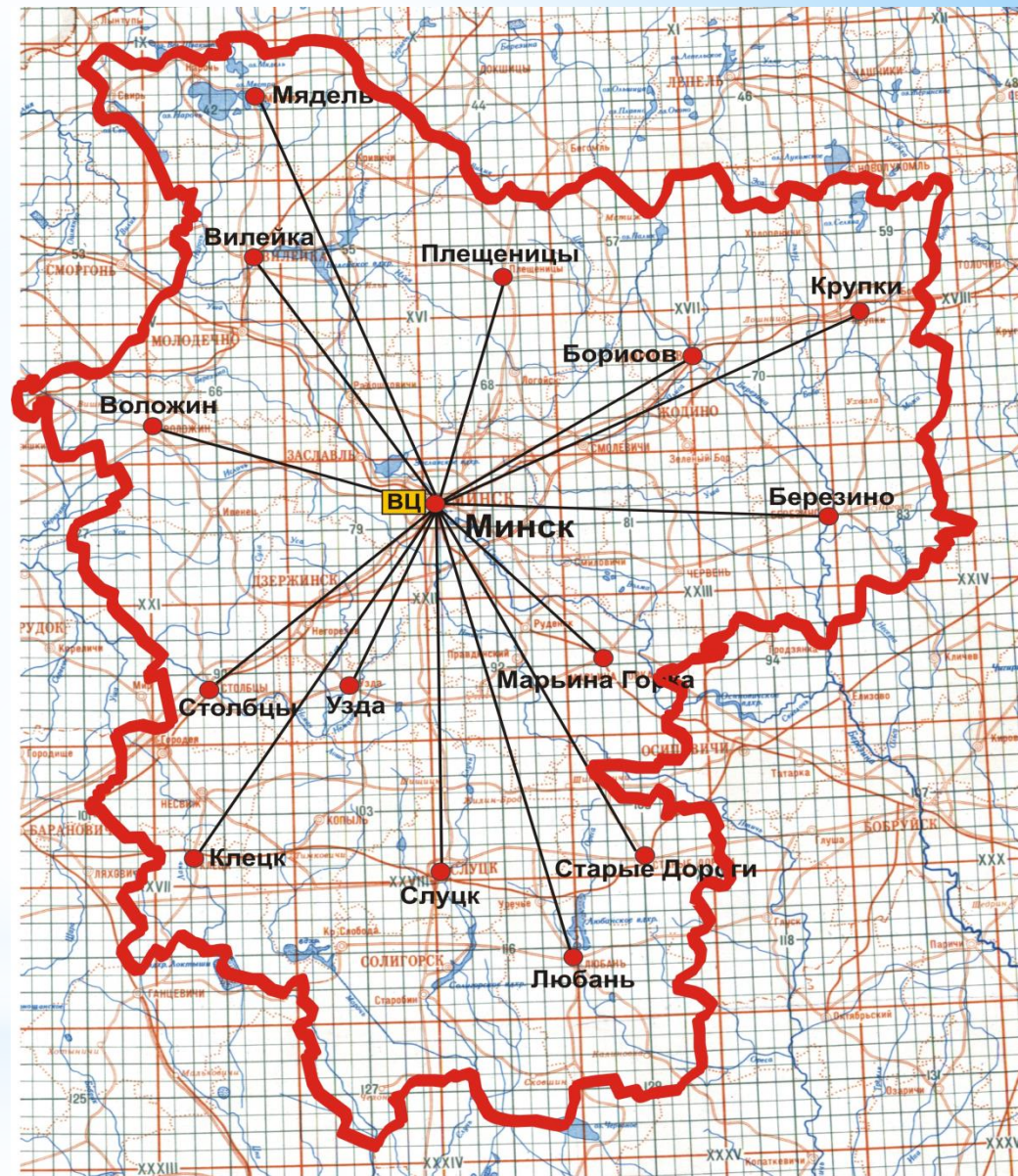
Пункт Спутниковой Геодезической Сети







Требования к ГСС

- * СКП определения положения пунктов ГСС относительно ближайших пунктов ФАГС, ВГС, СГС-1 не должна превышать ± 10 см.
- * СКП определения взаимного положения пунктов ГСС не должна превышать ± 5 см.
- * Длины сторон ГСС должны находиться в пределах 2-8 км.
- * Нормальные высоты пунктов ГСС должны определяться со средней квадратической погрешностью, не превышающей ± 5 см.

Схема Спутниковой Сети Точного Позиционирования (ССТП) Минского региона



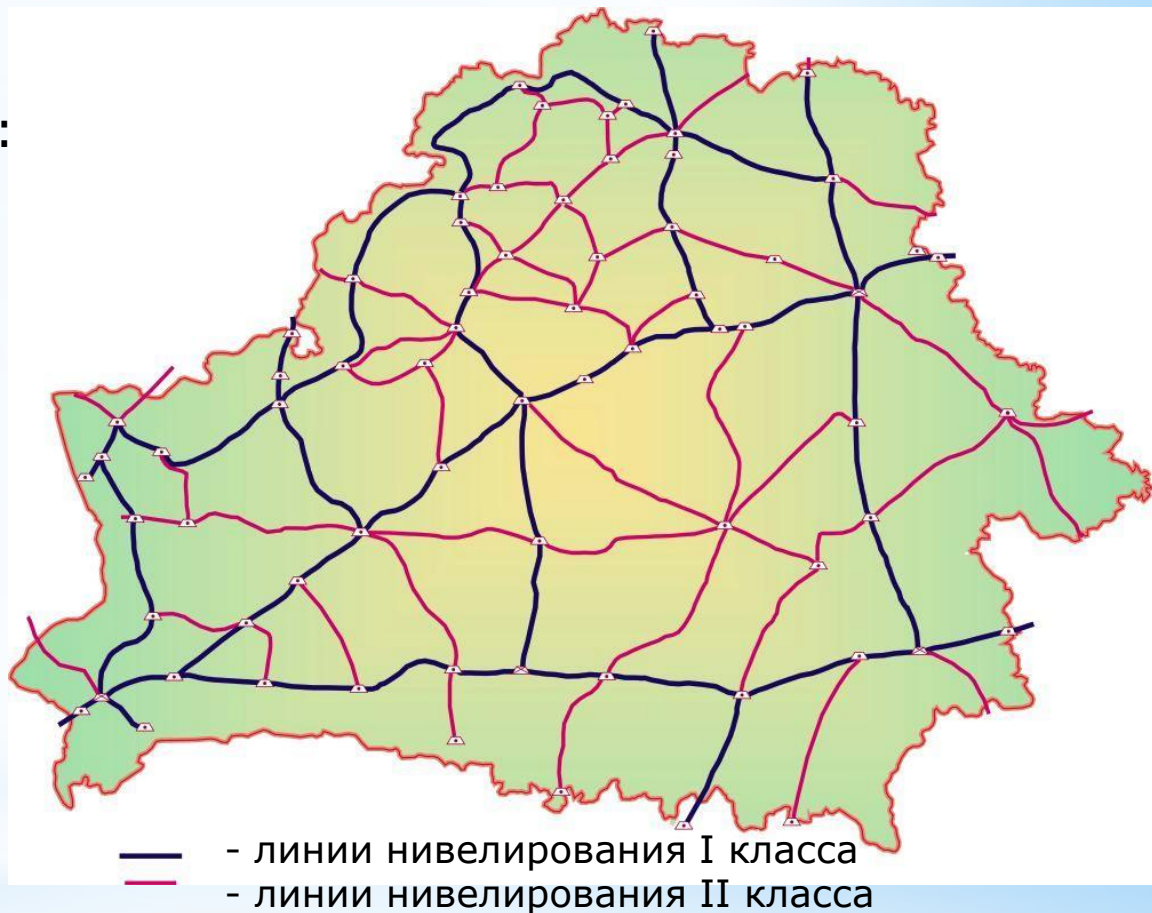
Условные обозначения:

-  - Вычислительный центр
-  - постоянно действующие пункты
-  - граница Минской области
-  - каналы связи

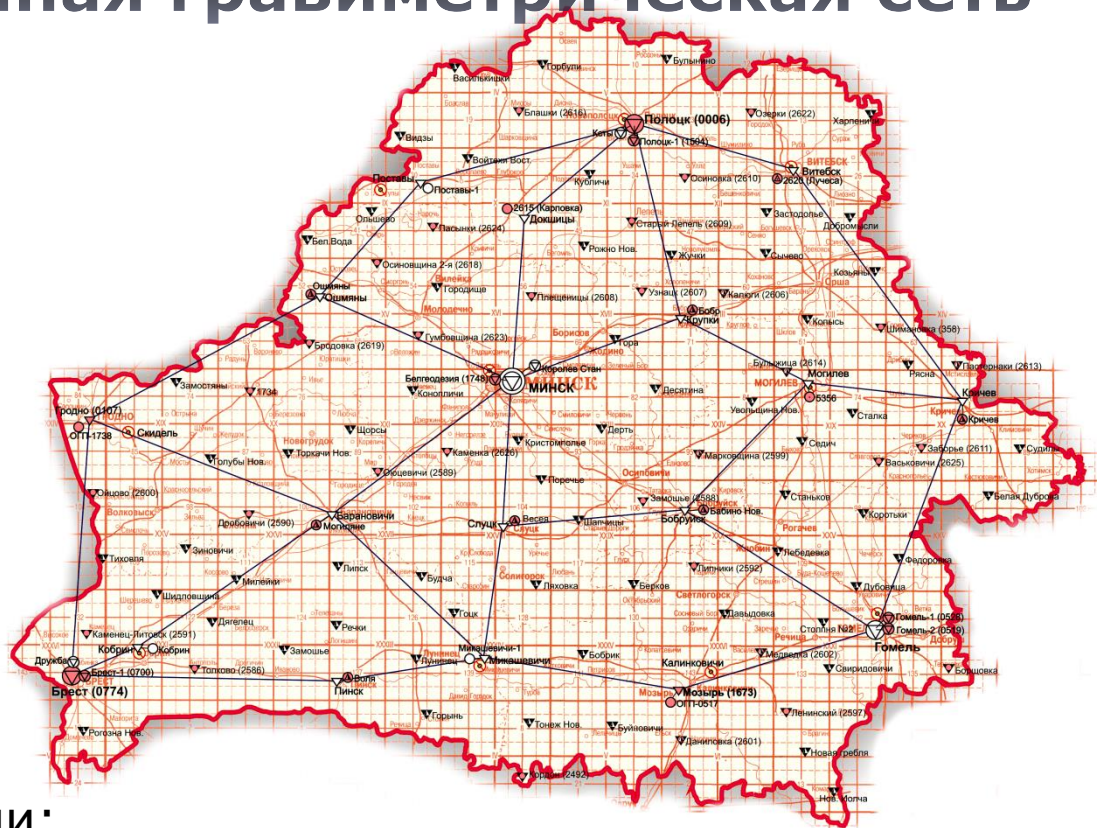
* Государственная нивелирная сеть (ГВО)

Нивелирная сеть I класса:

- 3 700 км
- 1 930 реперов
- нивелирование вдоль авто- и железных дорог
- СКО после уравнивания: 1.7 мм/км
- Балтийская система высот 1977
- новая система высот-?



* Государственная гравиметрическая сеть



Некоторые детали кампании:

- Абсолютные определения выполнены на 4 пунктах, точность измерений: $\pm 6.0 \mu\text{Гал}$ (ЦНИИГАиК)
- Относительные определения на пунктах-спутниках выполняются в настоящее время (ЦНИИГАиК)
- Следующий этап - построение государственной гравиметрической сети 1 класса

*Спутниковая система точного позиционирования (ССТП) Республики Беларусь создана как составная часть государственной геодезической инфраструктуры и предназначена для практической реализации установленной к применению на территории Республики Беларусь общеземной системы отсчета координат.

* Основная цель использования ССТП Республики Беларусь:

- * - получение координат и высот пунктов геодезического и съемочного обоснования,
- * - топографических съемок,
- * - координатного обеспечения различных видов кадастров,
- * - планирования территорий,
- * - проектно-изыскательских работ в строительстве,
- * - исполнительных съемок и др.,
- * - для обеспечения технологий точного земледелия,
- * - точной навигации транспорта.

*Создана и введена в промышленную эксплуатацию республиканским унитарным предприятием аэрокосмических методов в геодезии "Белаэрокосмогеодезия" в 2016 году. Является элементом подсистемы формирования и контроля навигационных полей Единой системы навигационно-временного обеспечения Республики Беларусь.

* Состав ССТП РБ

- * Сегмент постоянно действующих пунктов, насчитывающий 98 станций.
- * Сегмент обработки и хранения данных:
 - Вычислительный центр (ВЦ)
 - Сети коммуникаций
- * Центр предоставления услуг.
- * Пользовательский сегмент.

* Преимущества и возможности ССТП РБ

- * Создание единого координатно-временного пространства для всех пользователей.
- * Поддержка единой международной системы координат (ITRS). Возможность непосредственной работы в любой требуемой системе координат. Работа с международными форматами данных.
- * Для работы не требуется установка базовых приемников на пунктах с известными координатами. Пользователю для геодезических измерений в режиме реального времени необходим только один двухчастотный приёмник любого производителя.

- * Время на определение и регистрацию одной точки в режиме реального времени составляет несколько секунд.
- * Доступность данных 24 часа в сутки, 7 дней в неделю.
- * Доступны данные 98 базовых станций, что повышает достоверность измерений и значительно расширяет зоны позиционирования.
- * Позиционирование возможно по всей зоне покрытия мобильной сети, где принимается GSM/GPRS сигнал, а также в местах с возможностью подключения к сети Internet по другим каналам связи.
- * Нет необходимости искать пункты государственной геодезической сети (ГГС).

- Существенное повышение точности работы, определение координат с сантиметровой точностью в режиме реального времени (RTK) и миллиметровой в режиме пост-обработки. Контроль точности непосредственно во время выполнения измерений.
- Увеличение производительности труда. Сокращение расходов на транспорт и персонал.
- Возможность комплексного использования сети. Непрерывный контроль данных и уведомление пользователей о состоянии сети.

- * Контроль за точностью определения координат непосредственно во время выполнения измерений пользователями. Возможность создания дополнительных сервисов для пользователей.
- * Консультация специалиста и техническая поддержка пользователей.
- * Точностные характеристики подтверждены свидетельством о метрологической аттестации



СВИДЕТЕЛЬСТВО № МА01 001-41
о метрологической аттестации
от «29» марта 2017 г.

Спутниковая система точного позиционирования (ССТП) Республики Беларусь,
цифр объекта Б.01.03.0455

наименование средства измерений, тип, заводской номер, изготовитель

Заказчик Государственное предприятие «Белгеодезия»
пр-т Машерова 17, 220029, г. Минск

наименование юридического, физического лица, адрес

Назначение средства измерений ССТП предназначена для получения координат и
высот пунктов геодезического и съемочного обоснования, топографических съемок,
определения координат границ земельных участков, межевых знаков и поворотных то-
чек административных границ, центров фотографирования аэрофотокамеры в заданной
системе координат, определения координат географических объектов, для координатно-
го обеспечения кадастров (лесного, водного), проведения инженерных изысканий, про-
ектно-изыскательских работ в строительстве, исполнительных съемок и других видов
дифференциальных и относительных определений положений объектов.

краткая характеристика объекта и условий эксплуатации

Программа и методика метрологической аттестации ПМА.МН 2575-2016

обозначение программы и методики аттестации

Эталонные средства измерений (исходные) приведены в таблице 1

наименование, тип, идентификационный номер, разряд, класс точности

Таблица 1

Наименование средства измерений, ТНПА	Номер	Основные метрологические характеристики
Пункты спутниковой геодезической сети 1 класса (СГС-1)	-	Точность взаимного положения смежных пунктов СГС-1 $m = \pm(0,003 + 1 \cdot 0,0001 \cdot L)$ м по каждой из плановых координат и $m = \pm(0,005 + 2 \cdot 0,0001 \cdot L)$ м по геодезической высоте, где L – длина, км
Аппаратура геодезическая спутниковая двухчастотная Topcon GB1000; GB500	T222324; T222335; T653233	СКП измерения плановых координат в статическом режиме $\Delta = \pm(3 + 0,5 \cdot L \cdot 10^{-6})$ мм, где L – длина, км; СКП измерения высоты $\Delta = \pm(5 + 0,5 \cdot L \cdot 10^{-6})$ мм, где L – длина, км
Система геодезическая спутниковая двухчастотная Leica GS 08plus	1851075	СКП измерения плановых координат в режиме RTK $\Delta = \pm(10 + 1 \cdot L \cdot 10^{-6})$ мм, где L – длина, км СКП измерения высоты $\Delta = \pm(20 + 1 \cdot L \cdot 10^{-6})$ мм, где L – длина, км
Рулетка измерительная металлическая P5H3	202	Длина шкалы 5 м, 3 класс точности

Активаци
Чтобы акти
раздел "Па

Спутниковая система точного позиционирования Республики Беларусь

Практическая значимость

1. Одновременная реализация общеземной геоцентрической системы отсчета координат (ITRS), государственной системы координат (СК-95 РБ) и местных систем координат (МСК).

2. Возможность непрерывных наблюдений на постоянно действующих пунктах, с последующим использованием данных в различных областях народного хозяйства.

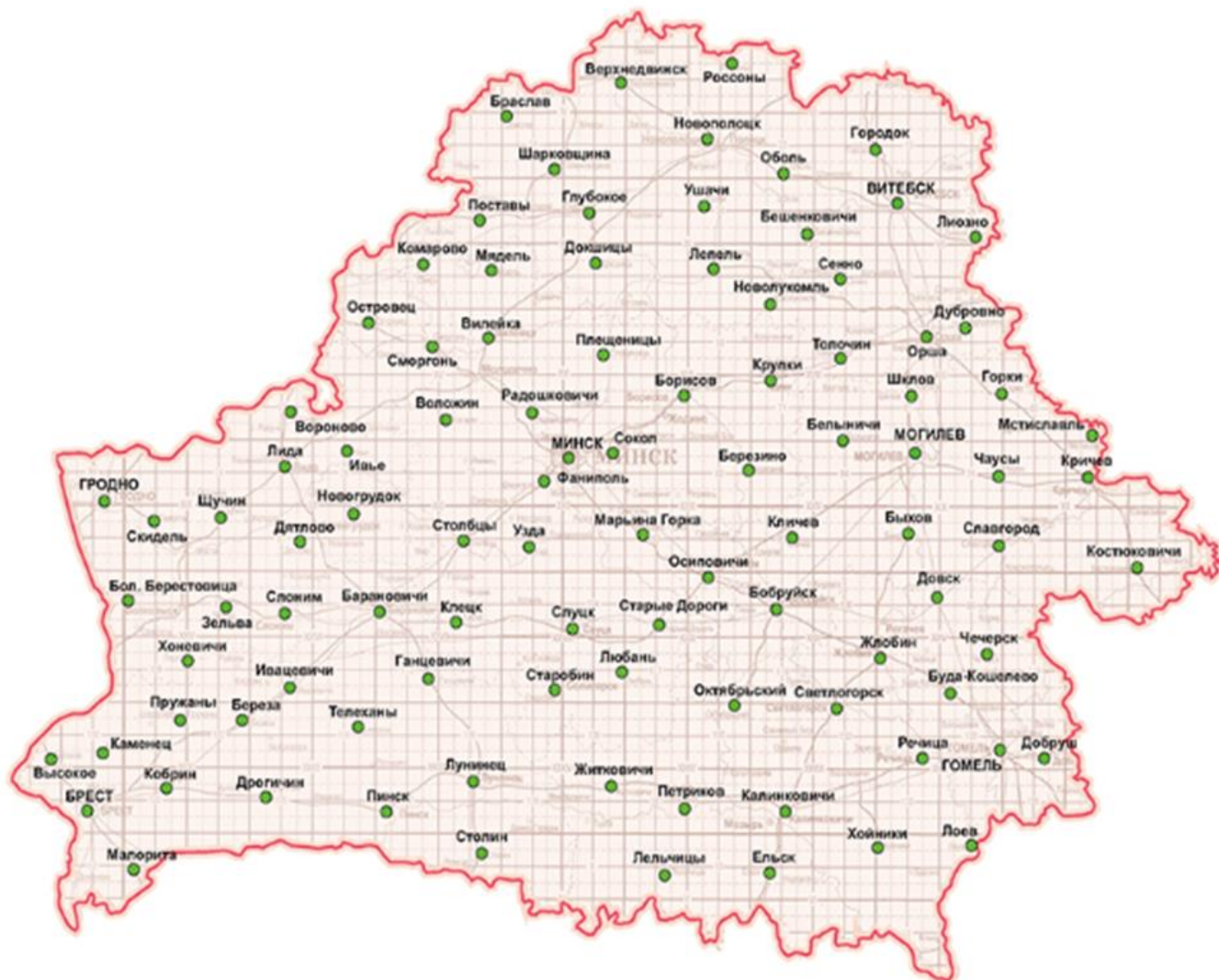
3. Обеспечение развития спутниковых технологий по определению пространственного положения объектов, в том числе в режиме реального времени (RTK) на сантиметровом уровне точности.

4. Возможность практической реализации Директивы **INSPIRE** (инфраструктура геопространственной информации в Европе).

5. ССТП РБ является подсистемой формирования и контроля навигационных полей в рамках создания **Единой системы навигационно-временного обеспечения Республики Беларусь (ЕС НВО РБ)**

Спутниковая система точного позиционирования

Схема сети



*** 2. Общие требования
к построению сетей сгущения для
целей землеустройства
и кадастра. Плотность пунктов на
городских, застроенных и
сельскохозяйственных территориях**

Плотность пунктов ГГС для обеспечения землеустроительных работ и работ для создания кадастровых планов и карт, должна быть следующей :

- * 1:10000 - один пункт плановой основы на 50-60 км² и один репер при сечении рельефа через 2 метра;
- * 1:5000 - один пункт на 20 - 30 км² и один репер на 10-15 км²;
- * 1:2000 и крупнее - один пункт на 5-15 км² и один репер на 5-7 км².

* На застроенных территориях городов и участках, подлежащих застройке в ближайшие годы, а также на площадках крупных предприятий и объединений плотность пунктов государственной геодезической сети должна быть не менее одного пункта на 5 км^2 .

При недостаточной плотности пунктов ГГС развивают сети сгущения. Плотность геодезических сетей должна быть доведена до не менее чем:

- * 1 пункт на 7-10 км² для съемки в масштабе 1:5000 вне населенных пунктов;
- * для масштаба 1:2000 - 1 пункт на 2 км².

В городах и населенных пунктах общая плотность пунктов (ГГС и сети сгущения) должна быть не менее:

- * на застроенных территориях - 4 пункта на 1 км², но не менее 3-х на один сельский населённый пункт;
- * на незастроенных территориях - один пункт на 1 км².

*** 3. Состояние
геодезической сети
на территории населенных
пунктов. Реконструкция
городских геодезических
сетей.**

Необходимость реконструкции городских геодезических сетей связана с тем, что:

- * геодезические работы в городах выполнены в разное время различными организациями с различным качеством и в соответствии с различными нормативно-техническими документами;

* большое количество пунктов городской геодезической сети систематически утрачиваются в результате хозяйственной деятельности;

* ГГС в районе города может иметь относительную погрешность взаимного положения пунктов 1 - 2-го классов порядка 1:300 000 при расстояниях между пунктами 20 - 30 км, что в 3-5 раз ниже точности спутниковых измерений;

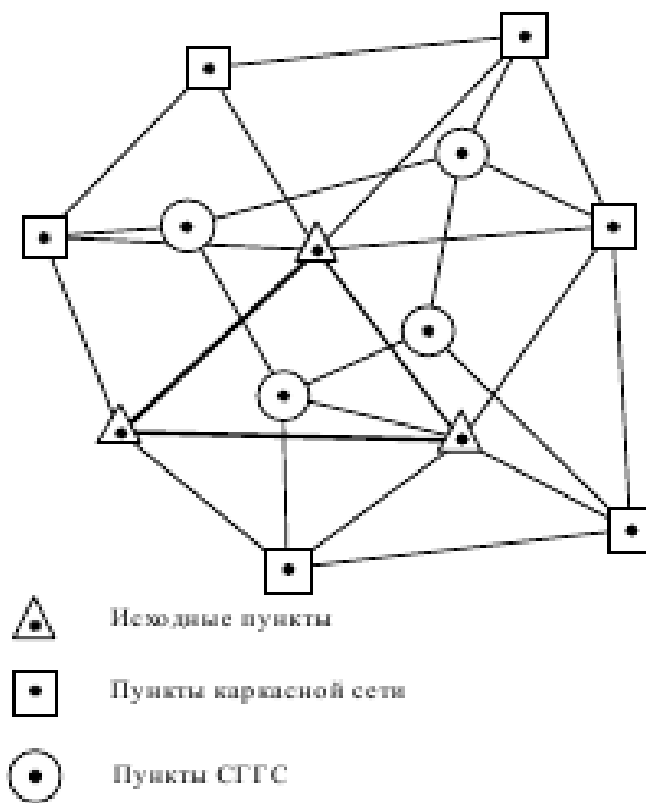
- * внедрение современных высокоточных геодезических приборов приводит к противоречиям между точностью выполняемых измерений и точностью существующей в городе геодезической основы;
- * в городах могут быть две и более местных систем координат и высот;
- * параметры преобразования местных систем координат требуют уточнения

* Плотность пунктов городской геодезической сети должна удовлетворять следующим требованиям:

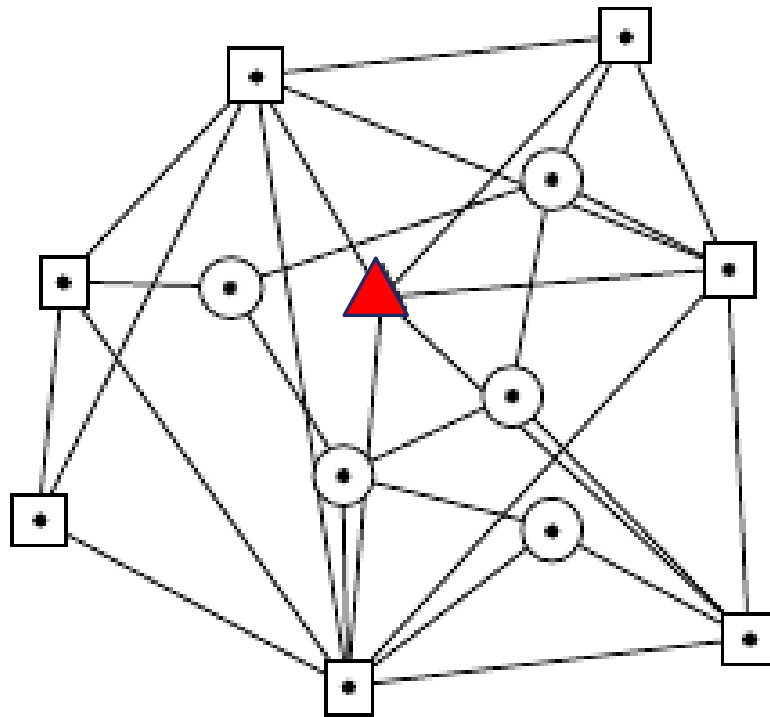
- * Один (несколько) исходных пунктов (ИП) создаются в городах площадью не менее 100 кв. км с населением не менее 500 тысяч человек с перспективой преобразования их в пункты ФАГС, ВГС или постоянно действующие пункты для навигационных систем.
- * Для населенных пунктов площадью до 20 кв. км допускается объединение исходных пунктов (ИП) и пунктов каркасной сети (КС).

- * Плотность КС составляет 1 пункт на 40- 100 кв. км. городской геодезической сети, но в любом случае не менее трех пунктов.
- * Плотность СГГС-1 составляет 1 пункт на 5-40 кв. км. городской геодезической сети.
- * Плотность СГГС-2 должна удовлетворять текущие потребности городского геодезического обоснования.

* Схема спутниковой геодезической сети с тремя исходными пунктами



* Схема спутниковой геодезической сети с одним исходным пунктом



Исходный пункт



Пункты каркасной сети



Пункты СГГС

Общая плотность закрепленного городского
геодезического обоснования должна
соответствовать:

- * - плотно застроенная территория не менее - 16
пунктов на 1 кв. км;
- * - слабо застроенная территория не менее - 4
пункта на 1 кв. км;
- * - незастроенная территория не менее - 1 пункт
на 1 кв. км;

Основные этапы создания и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых технологий:

- * предпроектное обследование пунктов и контрольные измерения;
- * проектирование;
- * рекогносцировка, обследование и закладка пунктов;

- * полевые наблюдения и предварительная обработка результатов на исходном пункте (ИП);
- * камеральная обработка спутниковых наблюдений на исходном пункте;
- * полевые наблюдения и предварительная обработка результатов на пунктах каркасной сети (КС);
- * камеральная обработка спутниковых наблюдений на пунктах каркасной сети;

- * передача данных спутниковых наблюдений на пунктах каркасной сети для включения в государственную геодезическую сеть;
- * полевые наблюдения и предварительная обработка результатов на пунктах спутниковой городской геодезической сети (СГГС);
- * камеральная обработка спутниковых наблюдений на пунктах СГГС;

* Задачи на перспективу

- Развитие сети постоянно-действующих пунктов ПДП спутниковой системы точного позиционирования на территории Республики Беларусь
- Получение параметров преобразований («ключей перехода») от новой государственной системы отсчета координат СК-95 Республики Беларусь к местным системам координат (МСК).
- Устранение деформаций в полигонометрических сетях населенных пунктов с созданием коррекционной модели (G-trans).
- Построение государственной гравиметрической сети 1 класса

❑ Установление новой системы высот

❑ Построение региональной модели геоида Республики Беларусь точности 2–3 см., с привлечением дополнительных точностных характеристик спутниковых измерений, данных гравиметрии, большего объема информации, покрывающей всю территорию республики и большей плотности данных на основе модели **EGM2008**.

❑ Сотрудничество с EPN и IGS