

Навигационное вычислительное устройство НВУ-БЗ

Навигационное вычислительное устройство НВУ-БЗ предназначено для непрерывного счисления текущих координат местонахождения самолета в ортодромической системе координат.

Ортодромическая система координат, как и географическая является прямоугольной, но развернута относительно географической так, что условный север совпадает с направлением заданной линии пути (ЗЛП), а условный восток является координатой бокового отклонения от ЗЛП. Угол, на который ортодромическая система координат развернута относительно географической, называется углом карты УК, который равен заданному путевому углу ЗПУ. Используя ортодромическую систему координат, устройство НВУ-БЗ вычисляет пройденный путь S и боковое отклонение Z от ортодромии.

Навигационное вычислительное устройство НВУ-БЗ решает следующие задачи:

1. Автоматически определяет координаты местонахождения самолета методом счисления пути. Счисление производится по данным ДИСС-ЗП и курсовой системы ТКС-П2 (подрежим «Работа») или по данным СВС-ПН-15-4 и запомненными или введенными вручную параметрами ветра (подрежим «Память»).
2. Преобразует текущие координаты самолета в координаты, вычисленные в системе отсчета следующей частной ортодромии, что избавляет экипаж от перенастройки НВУ-БЗ при переходе с одной частной ортодромии (ЧО) на другую.
3. Автоматически корректирует счисленные координаты самолета по данным системы РСБН-2СА.
4. Формирует управляющие сигналы и выдает их в САУ-4 системы АБСУ-154 (выдаются сигналы бокового отклонения от ортодромии Z и производная pZ – скорость ухода самолета от ЗЛП).
5. Индицирует местонахождение самолета на картографическом планшете.

Комплект, размещение и технические данные

В состав НВУ-БЗ входят:

- задатчик угла карты В-8М;
- задатчик путевых углов В-140;
- индикаторы-задатчики координат В-52 (2 шт.);
- пульт управления В-51;
- блок отработки параметров ветра В-57;
- переходная рама В-42, на которой размещены блок усиления и питания индикатора планшета БУП-3 и блок питания вычислителей В-41;
- переходная рама В-55, на которой размещены: блок усиления В-39; блок преобразования В-53; блок построения навигационного треугольника скоростей В-54; два блока импульсной раскладки В-56 (вычислителя);
- фильтр по переменному току В-31М;
- фильтр по постоянному току В-34;
- автоматический планшет ПА-3, в который входят: индикатор планшета ИП-3; блок усиления питания БУП-3 и футляр с катушкой.

Блоки В-8М, В-140, В-51, В-52 и В-57 размещены на среднем пульте пилотов. Индикатор планшета ИП-3 установлен на средней приборной доске пилотов. Рамы В-42 (с блоками В-41 и БУП-3) и В-55 (с блоками В-39, В-53, В-54, В-56), фильтры В-31М и В-34 установлены в первом техническом отсеке.

Технические данные:

Диапазон изменения навигационных параметров:

Курс.....	0 - 360°	
истинная воздушная скорость.....	200 – 1200 км/ч	
путевая скорость.....	200 – 1300 км/ч	
угол сноса.....	от –30 до +30°	
направление ветра.....	0 - 360°	
скорость ветра.....	0 – 300 км/ч	
В устройстве предусмотрено программирование текущих прямоугольных координат самолета:		
вдоль оси маршрута.....	0 – 950 км	
перпендикулярно к оси маршрута.....	+500 км	
заданного путевого угла.....	0 - 360°	
значения линейного упреждения разворота.....	5 –25 км	
Максимальное расхождение показаний между численными координатами, индицируемыми цифровыми счетчиками и визиром на планшете:		
на маршруте, не более.....	±4 км	
в районе аэродрома, не более.....	±1 км	
Максимальная инструментальная погрешность счисления пути не превышает:		
при работе с ДИСС-3П в диапазоне скоростей 700 – 1100 км/ч и угле сноса ±20°.....	±2,2%	
в подрежиме «Память» в диапазоне скоростей 500 – 1100 км/ч и угле сноса ±20°.....	±2,2%	
Максимальная инструментальная погрешность преобразования координат текущей частной ортодромии в координаты следующей частной ортодромии, не более.....		±5 км
Мощность, потребляемая от бортсети самолета:		
по переменному току 36В, 400Гц, не более.....	300 В*А	
по постоянному току 27В, не более.....	400 Вт	

Особенности устройства блоков

На пульте управления В-51 расположены:

- выключатель питания НВУ-БЗ «Сеть»;
- лампа «Исправность», сигнализирующая о наличии напряжения питания и исправности вычислителей В-56;
- выключатель режима счисления координат «Счисл.» (счисление);
- выключатель режима коррекции координат «Коррекция»;
- лампа «Коррекция», сигнализирующая о включении режима коррекции координат;
- переключатель установки координат на счетчиках блоков В-52 №1 и В-52 №2 с фиксированными положениями «Откл. – Sp – Zп – Sm – Zм – Z»; переключатель установки расчетных значений ЛУР с фиксированными положениями «Принуд. – Откл. – 5 – 10 – 15 – 20 – 25 км»;
- кнопки «Установка координат».

На индикаторах-датчиках координат В-52 расположены счетчики: текущих координат «Самолет», координат радиомаяка относительно текущей ЧО «Маяк» или координат пункта очередной ЧО «Пункт».

На датчике путевых углов В-140 расположены два счетчика «I градусы, мин», «II градусы, мин» и кнопки, которые служат для установки ЗПУ нечетных и четных ЧО.

С помощью рукоятки на датчике угла карты Б-8М устанавливается угол карты, заключенный между северным направлением истинного меридиана и направлением частной ортодромии. На индикаторе планшета расположены:

- переключатель «Аэродром – марш.» для переключения масштабов карты;
- сигнальная лампа «Z макс.», сигнализирующая о крайнем положении визира;
- кнопки управления, с помощью которых карта и визир перемещаются в направлениях, указанных стрелками;
- ручка начальной выставки карты (под крышкой), с помощью которой положение карты согласовывается с положением шкалы сельсин-приемника.

На лицевой панели блока отработки параметров ветра В-57 расположены кнопки и счетчик «δ град» установки и отсчета направления ветра, ручки и шкала «Δ град» выставки угла схождения меридианов, кнопки и счетчик «U км/ч» установки и отсчета скорости ветра.

Принцип действия

Как правило, частная ортодромия – это заданная линия пути, которая характеризуется заданным путевым углом, рассчитанным заранее и установленным с помощью трех кнопок на блоке В-140. При нажатии левой кнопки включается малая скорость и барабанчики счетчика поворачиваются «на нас». Если нажать две кнопки, то включается большая скорость. При нажатии правой кнопки происходит реверс.

После ввода ЗПУ на блоке В-140 необходимо с помощью кнопок на пульте управления В-51 установить на индикаторном блоке В-52 значение $Z=0$ и значение $-S$, равное длине первой частной ортодромии.

На пульте управления В-51 включить выключатель «Счисление». Если ЧО1 совпадает с осью ВПП, то счисление можно включить на земле, а если не совпадает, то после взлета и выхода на ЗПП. Значение $-S$ на индикаторном блоке В-52 начинает уменьшаться, и счетчик показывает, сколько осталось до первого поворотного пункта. Если есть боковое отклонение, то счетчик указывает значение Z . При уклонении вправо индицируется $+Z$, при уклонении влево $-Z$. Если счетчик показывает $+Z$, то $-Z$ закрыто шторкой и наоборот.

Устройство НВУ-Б3 может работать в режимах счисления, преобразования и коррекции координат.

Режим «Счисление координат». Текущие координаты самолета в навигационном вычислительном устройстве НВУ-Б3 определяются интегрированием составляющих путевой скорости в соответствии с уравнениями:

$$S_{C1} = S_{C0} - \int_{t1}^{t2} W_s \, dt;$$

$$Z_{C1} = \int_{t1}^{t2} W_z \, dt \text{ при } Z_{C0} = 0$$

где S_{C1} , Z_{C1} – текущие координаты самолета относительно первого промежуточного пункта маршрута П1; S_{C0} – длина первой частной ортодромии; Z_{C0} – начальное боковое уклонение самолета от ортодромии; W_s , W_z – составляющие путевой скорости вдоль ортодромии и перпендикулярно к ней; $t_2 - t_1$ – время полета между двумя пунктами маршрута.

В зависимости от способов получения информации о путевой скорости режим счисления подразделяется на два подрежима: «Работа» и «Память».

В подрежиме «Работа» на вычислитель В-56 подаются сигналы путевой скорости W и угла сноса $УС$ от ДИСС-ЗП, ЗПУ от блока В-140 и сигнал ортодромического курса $ОК$ от блока БДК-1 курсовой системы ТКС-П2.

В вычислителе решаются уравнения $W_s = W \cos(ЗПУ - ОК - УС)$ и $W_z = W \sin(ЗПУ - ОК - УС)$. Уравнения справедливы при отклонении самолета влево. При отклонении вправо они имеют вид: $W_s = W \cos(ОК - ЗПУ + УС)$; $W_z = W \sin(ОК - ЗПУ + УС)$.

Составляющие путевой скорости интегрируются шаговыми двигателями ШИД и на счетчиках индицируются координаты S_{C1} и Z_{C1} .

Одновременно со счислением координат в подрежиме «Работа» по данным путевой скорости W , угла сноса $УС$, ортодромического курса $ОК$ и истинной воздушной скорости от системы СВС-ПН-15-4 формируются и обрабатываются в подвижной системе координат составляющие ветра (проекции скорости ветра на вектор истинной воздушной скорости и на перпендикуляр к истинной воздушной скорости). На блоке В-57 обрабатываются параметры ветра U – скорость ветра и δ - направление ветра. Происходит непрерывное решение уравнений:

$$W_V - V = U \cos(\delta - ОК);$$

$$W_{\perp V} = U \sin(\delta - ОК).$$

При исчезновении доплеровской информации загорается табло «Память ДИСС» расположенное на средней приборной доске, и в НВУ-БЗ автоматически включается подрежим «Память». При этом ДИСС-ЗП от вычислителя В-56 отключается, а значение составляющих путевой скорости в подвижной системе координат начинает вычисляться по данным составляющих ветра, значению ортодромического курса и истинной воздушной скорости, т.е.

$$W_V = V + U \cos(\delta - ОК);$$

$$W_{\perp V} = U \sin(\delta - ОК).$$

Устройство НВУ-БЗ продолжает непрерывно счисление координат и при отказавшем ДИСС-ЗП. Через 20 – 30 мин необходимо уточнить данные ветра U и δ и подкорректировать вручную показания счетчиков блока В-57.

Режим «Преобразование координат». Исходными данными для определения координат самолета относительно следующей ЧО являются численные текущие координаты самолета, координаты очередного поворотного пункта и взаимное расположение текущей и следующей ЧО.

Текущие и преобразованные координаты связаны следующими соотношениями:

$$S_{C2} = S_{ПР} + S_{П2}$$

$$Z_{C2} = Z_{ПР} \text{ при } Z_{П2} = 0$$

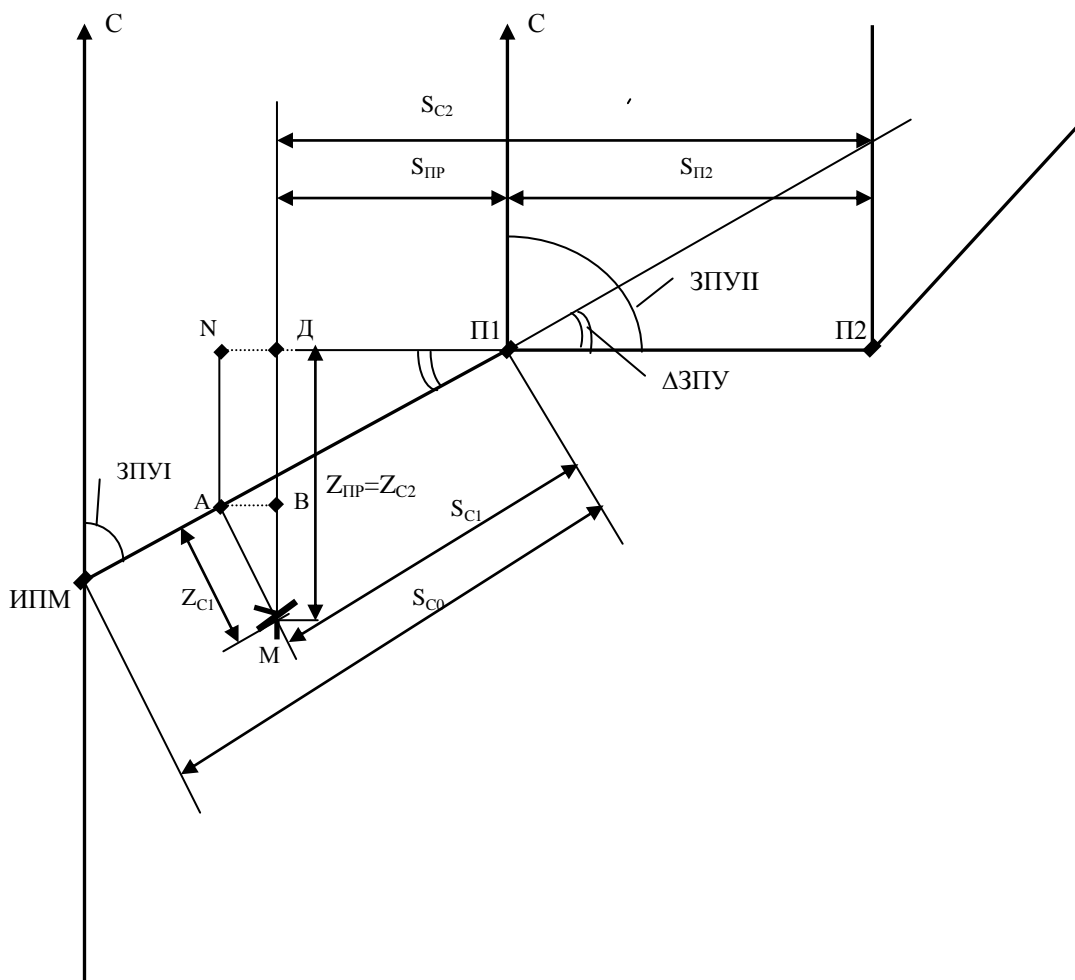
Из рисунка следует, что $S_{ПР} = НП1 - НД$, а $Z_{ПР} = ДВ + ВМ$. В треугольнике АМВ сторона $НП1 = S_{C1} \cos \Delta ЗПУ$, где $\Delta ЗПУ = ЗПУ II - ЗПУ I$. В треугольнике АМВ сторона $АВ - НД = Z_{C1} \sin \Delta ЗПУ$, а сторона $МВ = Z_{C1} \cos \Delta ЗПУ$. Исходя из изложенного преобразованные координаты вычисляются в соответствии с уравнениями:

$$S_{ПР} = S_{C1} \cos \Delta ЗПУ - Z_{C1} \sin \Delta ЗПУ;$$

$$Z_{ПР} = S_{C1} \sin \Delta ЗПУ + Z_{C1} \cos \Delta ЗПУ.$$

В НВУ-БЗ численные и преобразованные координаты индицируются с помощью двух индикаторных блоков В-52. При полете по первой (нечетной) ЧО на первом (рабочем) блоке В-52 горят табло «Самолет» и «Маяк» и индицируются текущие координаты самолета S_{C1} и Z_{C1} . Для обеспечения режима преобразования координат на блоке В-140 необходимо установить ЗПУ II, а на втором (свободном) блоке В-52, на котором горит табло «Пункт», ввести координаты очередного поворотного пункта. При $S \leq 80$ км на втором блоке В-52 индицируются координаты $S_{ПР}$ и $Z_{ПР}$. С переходом на новую ЧО функции, выполняемые индикаторными блоками, меняются следующим образом. На пульте управления В-51 устанавливается значение ЛУР. Значение S_{C1} на первом блоке В-52 непрерывно уменьшается и, когда $S_{C1} \leq ЛУР$ выдается сигнал +27В смены ЧО. На средней приборной доске на 10-12 с загорается табло «Смена ЧО», на блоке В-140 гаснет табло «ЗПУ I» и загорается табло «ЗПУ II», на первом блоке В-52 гаснут табло «Самолет», «Маяк» и загорается табло «Пункт», на втором блоке В-52 гаснет табло «Пункт» и загораются табло «Самолет» и «Маяк». Текущие координаты индицируются вторым блоком В-52.

Для обеспечения индикации преобразованных координат ЧО III в блоке В-140 на счетчике «ЗПУ I» установить ЗПУ III, а на первом блоке В-52 установить координаты третьего поворотного пункта.



Режим «Преобразование координат»

Режим «Коррекция координат». Устройство НВУ-БЗ обладающая высокой инструментальной точностью имеет методическую погрешность, выражающуюся в том, что интегрируются абсолютные погрешности и постепенно накапливаются ошибки в счислении координат. Для устранения ошибок предусмотрена коррекция координат, счисляемых НВУ-БЗ, по данным системы РСБН-2СА. Система РСБН-2СА измеряет полярные координаты самолета (дальность Д и азимут А) с большой точностью. Однако, коррекция текущих координат самолета Z и S, измеряемых в НВУ-БЗ, возможна лишь при непрерывном измерении в РСБН-2СА азимута и дальности. При малейшем нарушении режима измерения дальности или азимута загораются табло «Дальн. автоном.» или «Азимут автоном.», коррекция прекращается и восстанавливается только после выявления достоверности измеряемых величин дальности и азимута с помощью блока оценки системы РСБН-2СА.

Система РСБН-2СА подвержена воздействию на нее различных помех, не всегда устойчиво работает вблизи маяка и на небольших высотах. В этих случаях координаты Д и А

вычисляются по данным НВУ-БЗ, благодаря чему обеспечивается защита РСБН-2СА от помех.

Таким образом, связь НВУ-БЗ и РСБН-2СА осуществляется в двух направлениях: автономные данные W_S и W_Z выдаются в РСБН-2СА от НВУ-БЗ; текущие координаты S и Z корректируются в НВУ-БЗ по данным системы РСБН-2СА.

Устройство НВУ-БЗ выдает в РСБН-2СА разность текущего азимута и угла карты УК, введенного вручную с помощью задатчика Б-8М и разность запрограммированных вручную ортодромических координат маяка РСБН и самолета S_{CM} и Z_{CM} . При установке на блоке В-52 координат маяка коррекции на механических дифференциалах решаются уравнения:

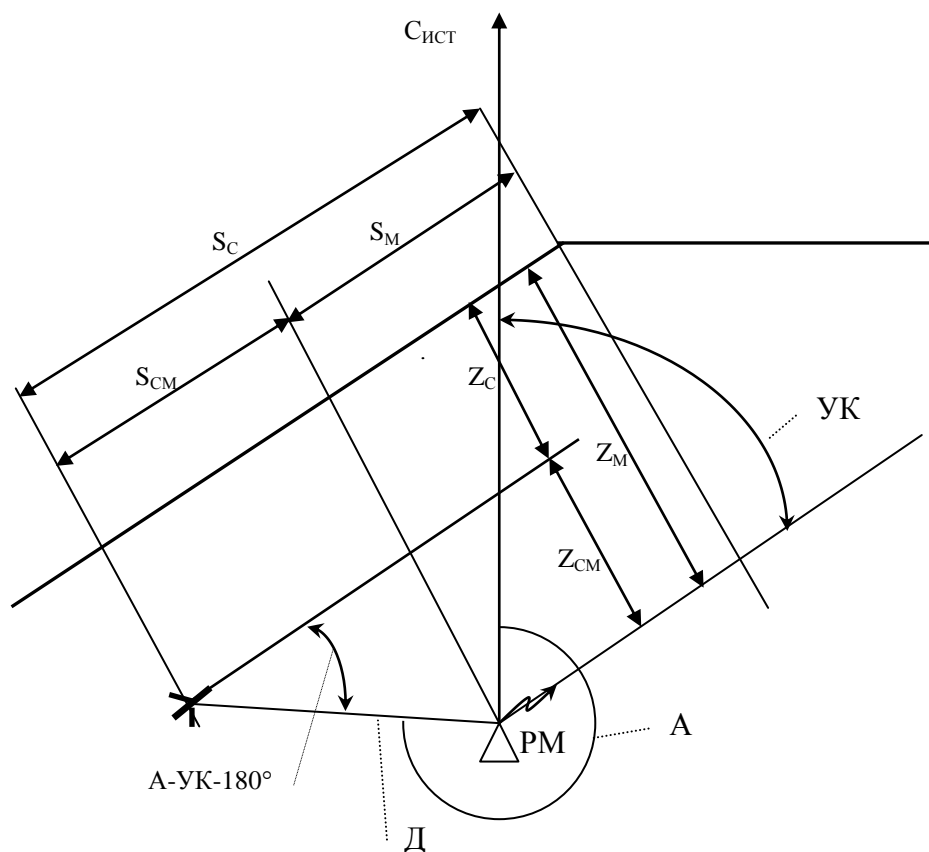
$$S_{CM} = S_C - S_M; Z_{CM} = Z_M - Z_C;$$

В системе РСБН-2СА разность ортодромических координат вычисляется в соответствии с уравнениями: $S_{CM} = D \cos(A - УК)$; $Z_{CM} = D \sin(A - УК)$. Значения S_{CM} , Z_{CM} , полученные в НВУ-БЗ, сравниваются с S_{CM} и Z_{CM} , вычисленными в РСБН-2СА, и вырабатываются поправки:

$$\Delta S = S_{CM} (\text{РСБН}) - S_{CM} (\text{НВУ});$$

$$\Delta Z = Z_{CM} (\text{РСБН}) - Z_{CM} (\text{НВУ}).$$

Для коррекции координат самолета необходимо на пульте управления В-51 включить режим «Коррекция», при этом загорается лампа «Коррекция», на средней приборной доске пилотов – табло «Коррекция включена», на рабочих счетчиках блока В-52 отрабатываются поправки ΔS и ΔZ .



Режим «Коррекция координат»

Индикация местоположения и выдача параметров в бортовую систему управления

В устройстве НВУ-БЗ предусмотрена непрерывная индикация местоположения самолета на картографическом планшете, в котором используется карта в виде ленты с нанесенными в порядке полета участками маршрута. Заданная линия пути каждого участка ориентирована вдоль ленты. Движение карты в окне планшета совпадает с направлением перемещения местности под самолетом. Местоположение самолета на карте указывается с помощью визира. Перемещение визира в направлении, перпендикулярном к заданной линии пути, указывает величину бокового уклонения. Поэтому карта перемещается в планшете со скоростью, пропорциональной изменению координаты самолета по оси S , а перемещение визира – со скоростью изменения координаты самолета по оси Z .

С переключением счисления координат в систему отсчета следующей ЧО необходимо вызвать в окне планшета карту со следующим участком маршрута. Вызов карты следующего участка производится сигналом ЛУР, с появлением которого происходит быстрое перемещение (скачок) карты.

При полете по маршруту НВУ-БЗ выдает в бортовую систему управления АБСУ-154 сигналы ЗПУ для индикации на приборе ПНП-1 бокового уклонения Z и производную от бокового уклонения $pZ = W_Z = W \sin(\text{ОК} - \text{ЗПУ} + \text{УС})$ для формирования команд автоматического и полуавтоматического управления в режиме «НВУ».

Эксплуатация

Перед полетом. НВУ-БЗ проверить при включенных и проверенных на работоспособность системах ДИСС-ЗП, СВС-ПН-15-4, РСБН-2СА, ТКС-П2. Для проверки НВУ-БЗ:

- установить на пульте управления В-51 органы управления в положение «Отключено», на блоке В-57 величину поправки «Дград.» равную нулю;
- включить АЗС на левой панели, а на пульте управления В-51 – выключатель «Сеть». Убедиться, что загорелись: лампа «Исправность» на пульте В-51, табло «Самолет» и «Маяк» на первом (рабочем) блоке В-52, табло «Пункт» на втором (свободном) блоке В-52, табло «I» на блоке В-140. Если на первом блоке В-52 загорелось табло «Пункт», а на втором блоке В-52 – табло «Самолет» и «Маяк», то переключатель «ЛУР» перевести в положение «Принудит.» и вновь вернуть его в положение «Откл.».

Проверить работу НВУ-БЗ в режимах счисления и преобразования координат. Для этого установить:

- на первом блоке В-52 значение $Z = 0$, $S = -50$ км, на втором блоке В-52 $Z = 0$ и $S = 0$;
- на счетчике «I» блока В-140 значение ЗПУ, равное стояночному курсу самолета, а на счетчике «II» значение ЗПУ, отличное от стояночного курса на 45° ;
- на указателе УСВПк переключатель «Возд. – Пут.» в положение «Пут.»;
- на пульте управления ДИСС-ЗП переключатель «Суша – Море» в положение «Суша», а переключатель режимов в положение «Контроль».

На указателе УСВПк должно индицироваться значение путевой скорости (850 – 890 км/ч), а на обоих приборах ПНП-1 – значение угла сноса $\pm 2,5^\circ$.

На пульте управления В-51 переключатель ЛУР установить в положение «5 км» и включить выключатель «Счисление». На втором блоке В-52 должны отрабатываться значения $Z_{\text{ПР}} = S_{\text{ПР}} = -35 \pm 5$ км, а на первом блоке В-52 значение S уменьшаться со скоростью 14 км/мин. При $S = -7$ км загорается табло «Смена ЧО» на средней приборной доске, а при $S = -5$ км происходит переключение блоков В-52 и счетчиков на блоке В-140. По такой же методике проверить работу второго блока В-52 и переключение счисления координат со второго блока В-52 на первый.

Для проверки работы НВУ-БЗ в режиме коррекции координат необходимо:

- на задатчике угла карты Б-8М установить значение ЗИПУ, равное значению азимута, индицируемого на приборе ППДА-Ш1;
- на обоих блоках В-52 установить $Z = S = 0$ и $Z_M = S_M = 0$;
- на пульте управления В-51 включить выключатель «Коррекция».

На пульте управления В-51 загорается лампа «Коррекция», на средней приборной доске загорается табло «Коррекция включена». На первом блоке В-52 отрабатывается значение $Z = 0$ и S , равное значению дальности, индицируемой прибором ППДА-Ш1.

Проверить совместную работу НВУ-БЗ с планшетом ПА-3. Для этого необходимо:

- включить питание планшета и убедиться, что происходит натяжение карты;
- открыть крышку планшета, совместить начало карты с нулевыми показаниями счетчиков и закрыть крышку;
- нажатием кнопок на индикаторе планшета ИП-3 отвести визир вправо (влево), а карту вверх (вниз), отпустить кнопки. Визир и карта должны возвратиться в первоначальное положение;
- с помощью кнопок на пульте управления В-51 на обоих блоках В-52 установить $Z = 0$ и $S = -50$ км (или $-S$ первого участка маршрута при подготовленной карте), а затем вызвать уменьшение значения S . Карта должна перемещаться в соответствии с уменьшением значения S на первом блоке В-52. При $S = -5$ км и горящем табло «Смена ЧО» отпустить кнопки на пульте В-51. При этом должен произойти «скачок», т.е. вызов второго участка маршрута;
- вернуть карту в исходное положение и установить на блоках НВУ-БЗ данные для полета по первым двум участкам маршрута.

В полете. В момент выхода в намеченную точку начала счисления (ИПМ) на пульте В-51 включить выключатель «Счисл.». При этом на первом блоке В-52 начнут уменьшаться показания счетчика S , а при боковом уклонении от ЗПП отрабатываются барабанчики счетчика Z (при уклонении вправо «+Z», влево «-Z»).

Для программирования второго участка маршрута переключателем и кнопками пульта В-51 установить на втором блоке В-52 значение $Z = 0$ и значение $-S$, равное длине второго участка маршрута в километрах. На блоке В-140 на счетчике «П» установить значение ЗПУ второго участка маршрута, отсчитанного от меридиана начальной выставки курсовой системы.

Текущие координаты места самолета по наземным радиомаякам РСБН корректируются периодически согласно навигационному плану полета. Для коррекции с пульта В-51 на рабочем блоке В-52, на котором горит табло «Маяк» выставить подготовленные значения Z_M и S_M используемого маяка. Убедиться, что на средней приборной доске табло «Дальн. автоном.» и «Азимут автоном.» не горят и включить выключатель «Коррекция» на пульте В-51. Загорается лампа «Коррекция» и табло «Коррекция вкл.». Рабочие счетчики Z и S блока В-52 укажут уточненные координаты самолета.

Для автоматического выполнения полета по сигналам НВУ-БЗ необходимо:

- установить на левой навигационной приставке переключатель ЗПУ в положение «Автомат», а на самолетах с АБСУ-154-2 переключатель ЗПУ – в положение «Лев.» или «Прав.» ПНП. При этом на приборах ПНП-1 обоих пилотов отрабатывается значение ЗПУ с рабочего счетчика блока В-140;
- включить выключатель «Подготовка навигации»; в блоке навигационных сигналов БНС-1М по сигналам системы НВУ-БЗ Z и pZ формируется сигнал оптимального крена на управление самолетом;
- подключить прибор ПНП-1 второго пилота на режим «НВУ», установив переключатель на правой навигационной приставке «Индикация ПНП прав.» в положение «НВУ»;
- нажать (при включенном боковом канале системы САУ) кнопку-лампу «НВУ», загораются два табло «НВУ» на приборных досках пилотов.

Контролировать стабилизацию самолета на ЗЛП по сигналам НВУ-БЗ по приборам ПНП-1 обоих пилотов, при этом:

- бленкер «К» должен быть убран со шкалы приборов;
- курсовая планка индицирует значение Z, стрелка – значение ЗПУ;
- на лицевой панели приборов горят табло «НВ».