

Светолокационный измерительный преобразователь расстояния до нижней границы облаков

Неблагоприятная экологическая обстановка требует уделения особого внимания вопросам охраны природы и экологического воспитания. Контроль за воздействием от хозяйственной деятельности человека на окружающую среду и природный комплекс - необходимая составная часть мероприятий по улучшению использования природных ресурсов. Многие отрасли промышленности, сельского хозяйства в большой степени зависят от четкости, оперативности работы и надежности прогнозов системы наблюдений и контроля за окружающей средой. Оперативность и своевременность подачи штормовых предупреждений, заблаговременный прогноз опасных и особо опасных явлений погоды являются неотъемлемой частью успешной и безопасной работы многих отраслей хозяйства и транспорта, а долгосрочные метеорологические прогнозы играют решающую роль в организации сельскохозяйственного производства.

Одним из важнейших параметров, определяющих возможность прогнозирования опасных погодных явлений, является высота нижней границы облаков.

Принцип измерения высоты нижней границы облаков, использующийся в измерителе высоты облачности ИВО-1М и регистраторе РВО-2.

Под высотой облаков в метеорологии понимают высоту их нижней границы над поверхностью земли. В основном измеряют высоту облаков среднего и нижнего ярусов (не выше 2500 м.). При этом определяется высота самых нижних облаков. При тумане высота облаков принимается равной нулю, и в аэропортах в данных случаях измеряется “вертикальная видимость”. В основу измерения высоты нижней границы облаков в ИВО-1М и РВО-2 положен метод светолокации.

Этим методом высота нижней границы облаков определяется по времени прохождения светом пути от излучателя света до облака и обратно. Высота облаков H определяется по формуле:

где c - скорость света

t - время прохождения света до облака и обратно.

Световой импульс посылается излучателем и после отражения принимается приемником. Излучатель и приемник располагаются в непосредственной близости друг от друга.

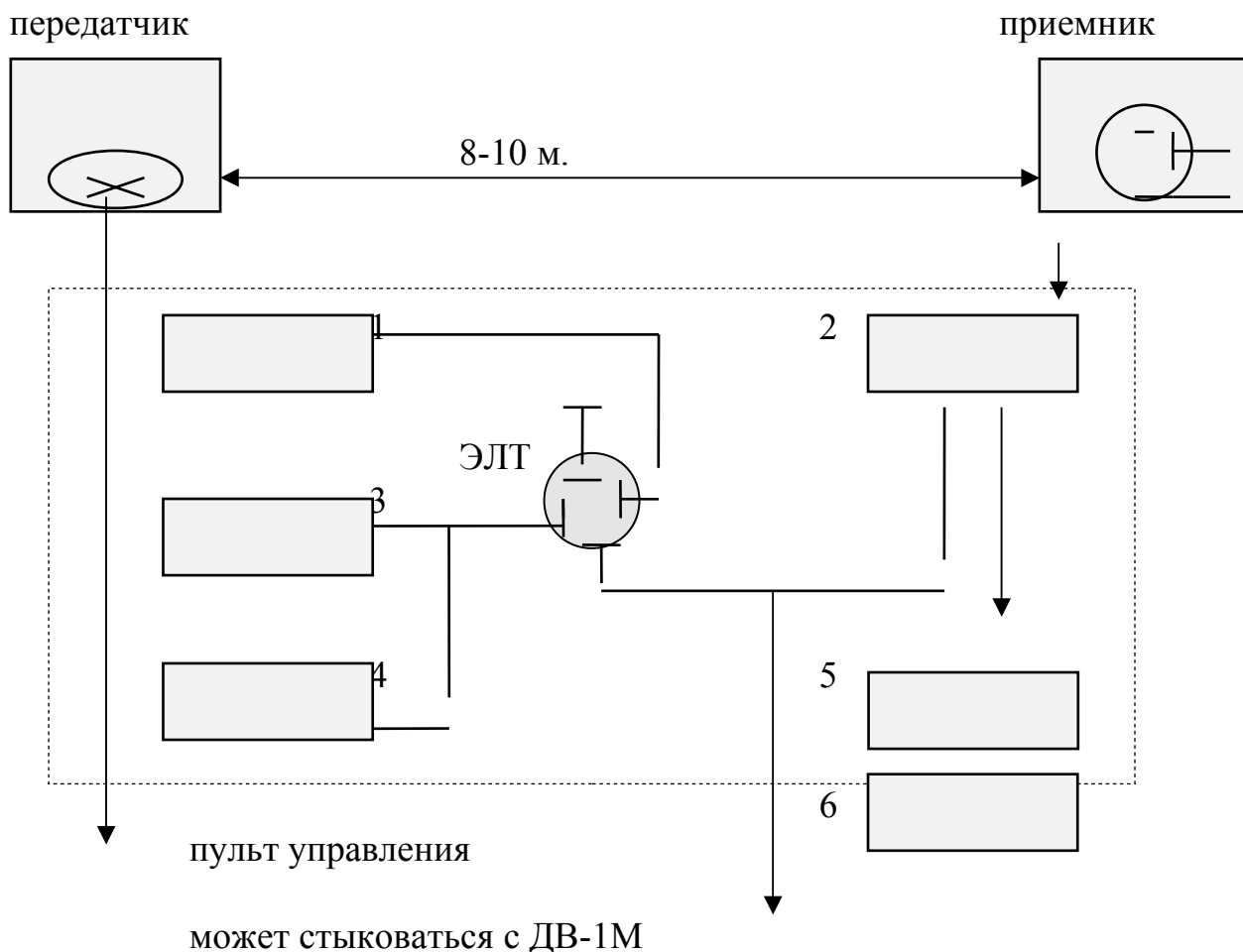
Принцип работы измерителя и регистратора нижней границы облаков.

1. Измеритель высоты нижней границы облаков ИВО-1М.

ИВО-1М состоит из передатчика и приемника световых импульсов, пульта управления и комплекта соединительных кабелей. Приемник и передатчик устанавливаются на открытой площадке на расстоянии 8-10 метров друг от друга. Передатчик и приемник аналогичны по конструкции и содержат параболические зеркала, защитные стекла и крышки, которые перед измерениями поднимаются при помощи электродвигателей.

В качестве источника световых импульсов используется троботрон типа ИСШ-100. Мощные световые импульсы прямоугольной формы длительностью около 1мс и частотой 20Гц излучаются вертикально вверх. Часть рассеянной облаком энергии(световые импульсы с гармониками, кратными основной частоте сигнала) возвращается к приемнику и преобразуется фотоэлектронным умножителем ФЭУ-1 в электрические импульсы. Непосредственно в приемнике расположен предварительный широкополосный усилитель, который позволяет уменьшить влияние помех при передаче сигнала к пульту управления, расположенному в помещении на расстоянии до 50 м. от приемопередатчика.

Рис.1 Блок- схема ИВО-1М.



1-схема компенсации
2-видеоусилитель
3-генератор разразвертки

4-генератор меток
5-АРУ
6-блок питания

С помощью пульта управления, содержащего электронно-лучевую трубку, оператор может вручную измерять время запаздывания эхо-сигнала, отраженного облаком, относительно зондирующего сигнала, излученного передатчиком. Измерение производится с помощью схемы компенсации, которая содержит регулируемый источник питания и позволяет менять напряжение на правой по схеме пластине ЭЛТ (рис.1).

Поворачивая ручку потенциометра, на которой закреплен указатель шкалы высот, оператор компенсирует напряжение, поступающее от генератора развертки на левую пластину ЭЛТ. Напряжение на выходе генератора развертки за один период излучения возрастает пропорционально времени, прошедшему с момента излучения зондирующего сигнала, и по достижении некоторого уровня, соответствующего диапазону измерения, возвращается к исходному уровню. В соответствии с этим электронный луч пробегает вдоль экрана ЭЛТ слева на право с частотой излучения 20 раз в секунду.

Такая частота повторения ЭЛТ позволяет наблюдать на экране непрерывно-светящуюся картину развертки луча трубки. При наличии эхо-сигнала, поступающего на нижнюю пластину ЭЛТ от видеоусилителя, на линии развертки появится импульс, положение которого относительно линии развертки соответствует запаздыванию эхо-сигнала по отношению к зондирующему. Это запаздывание пропорционально высоте облаков. Отсчет высоты облаков производится оператором после установки середины переднего фронта эхо-сигнала на вертикальную черту в центре экрана.

В пульте управления имеется также схема АРУ, которая позволяет поддерживать неизменной амплитуду эхо-сигналов во всем диапазоне измерения. Генератор меток предназначен для периодической проверки сохранности градуировки шкалы высот в условиях эксплуатации.

Приемник и передатчик должны устанавливаться на расстоянии не менее 200 метров от радиолокационных станций и не менее 500 метров от средневолновых радиостанций.

2.Регистратор нижней границы облаков РВО-2.

Регистратор высоты облачности РВО-2 является усовершенствованным вариантом ИВО-1М, имеет лучшие эксплуатационно-технические характеристики и более широкие возможности применения.

В РВО-2 улучшена шкала высот. Она разбита на десятки метров, что позволяет произвести считывание показаний о ВНГО с погрешностью не более 5 метров. За счет уменьшения длительности светового импульса, увеличения напряжения на конденсаторе основного разряда импульсной лампы, увеличения крутизны фронтов светового импульса передний фронт сигнала на ЭЛТ пульта управления круче - это обеспечивает более точное измерение ВНГО. Но указанный режим питания импульсной лампы значительно снижает ее ресурс.

РВО-2 электромагнитно совместим с радиотехническими средствами и не имеет таких ограничений по установке приемника и передатчика, как ИВО-1М.

Для устранения запотевания и обмерзания стекол приемника и передатчика обеспечено их подогревание обогревательным элементом мощностью порядка 200 Вт.

РВО-2 комплектуются в 3-х вариантах:

- в первый вариант (РВО-2) входят: передатчик, приемник световых импульсов и пульт управления;
- во второй вариант (РВО-2-01) входят: передатчик и приемник световых импульсов, пульт управления, регистратор. Этот вариант обеспечивает измерение ВНГО до 2000 метров и автоматическую регистрацию ее до 1000 метров при расположении пульта управления и регистратора на расстоянии до 50-70 метров от места установки передатчика и приемника;
- в третий вариант (РВО-2-02) входят: передатчик и приемник световых импульсов, пульт управления, регистратор и выносной пульт. Этот вариант дает возможность измерять и регистрировать ВНГО так же, как и РВО-2-01, и измерять и регистрировать ВНГО до 1000 м. по самописцу выносного пульта при расположении последнего на расстоянии до 8 км. от места установки передатчика и приемника.

Погрешность измерений ВНГО у РВО-2 такая же, как и у ИВО-1М. РВО-2-01 и РВО-2-02 обеспечивают автоматическое измерение и регистрацию ВНГО через 15, 30 или 60 минут в соответствии с установкой “интервал”, при необходимости возможна регистрация ВНГО с интервалом в 3 минуты и непрерывная регистрация в течение 1,5 минуты.

3. Приставка ДВ-1М.

Дистанционная приставка ДВ-1М предназначена для дистанционного измерения ВНГО в комплекте с ИВО-1М или РВО-2 и передачи в канал связи результатов измерений (структурная схема на рис. 2). Основными узлами приставки являются: блок преобразования и блок логической обработки.

Блок преобразования позволяет получить на логическом выходе напряжение постоянного тока, прямопропорциональное времени запаздывания эхо-сигнала относительно зондирующего импульса. С этой целью в блоке преобразования последовательно соединены ждущий мультивибратор, генератор пилообразного напряжения и пиковый детектор.

Особенностью схемы ДВ-1 является наличие дополнительного пикового детектора и схемы сравнения выходных напряжений двух пиковых детекторов. Такая схема позволяет осуществлять логическую фильтрацию результатов измерений на выходе устройства по критерию отношения сигнал/помеха. При отсутствии помехи и наличии эхо-сигнала на входе устройства на выходе обоих пиковых детекторов оказываются равными. Если же облаков нет и отсутствует шумовая помеха (например, при измерениях ночью), то различие напряжений на выходах детекторов будет максимальным. При этом пиковый детектор 1 отключен от ГПИ, который в этом случае формирует импульсы максимальной амплитуды на входе пикового детектора 2. При наличии эхо-сигнала и помехи разность напряжений на пиковых детекторах будет тем больше, чем больше

уровень помехи. Такая структурная схема обеспечивает надежную защиту от шумов фоновой засветки без снижения чувствительности к полезным сигналам. Это происходит потому, что при наличии низкой облачности уровень фоновой засветки резко снижается, что и гарантирует достаточно высокий уровень отношения сигнал/шум.

Удаление ДВ-1М от места установки ИВО-1М или РВО-2 до 5 километров.

Основные нормативно-технические характеристики ИВО и РВО.

Параметры	Значения
Диапазон измерений расстояния до светоотражающей поверхности твердой мишени, м	от 50 до 450
Предел допускаемой погрешности измерителя, м 50-150 м 150-500 м	не более $(0,1H+5)$ не более $(0,074H+10)$
Диапазон измерения времени () прохождения световым импульсом расстояние Н до отражающей поверхности и обратно, нс	от 333 до 3000
Предел допускаемой погрешности в диапазоне 333-1000 нс 1000-3000 нс	не более $(0,1 +33)$ не более $(0,07 +67)$
Полный диапазон измерений расстояния до НГО, м	от 50 до 2000

Поверка светолокационного преобразователя ИВО.

При проведении поверки выполняются следующие операции:

1. внешний осмотр;
2. опробование;
3. определение метрологических параметров.

Средства и условия поверки.

При проведении поверки применяются следующие средства поверки:

- комплект образцовых линий задержки электрического сигнала на 200, 333, 533, 867, 1400, 2133 и 3000 нс, с погрешностью указанной в таблице (см. ниже);
- вольтметр переменного тока для измерения напряжений питающей сети 1-го класса.

Нормативно-технические характеристики комплекта образцовых кабельных линий задержки для поверки преобразователей типа ИВО и РВО.

время задержки сигнала (), нс	предел допускаемой погрешности определения (), нс	имитируемая высота, м
200	13	28-32
333	16	48-52
533	21	77-83
867	26	126-134
1400	41	204-216
2133	54	312-328
3000	73	439-461

При проведении поверки должны выполняться следующие условия:

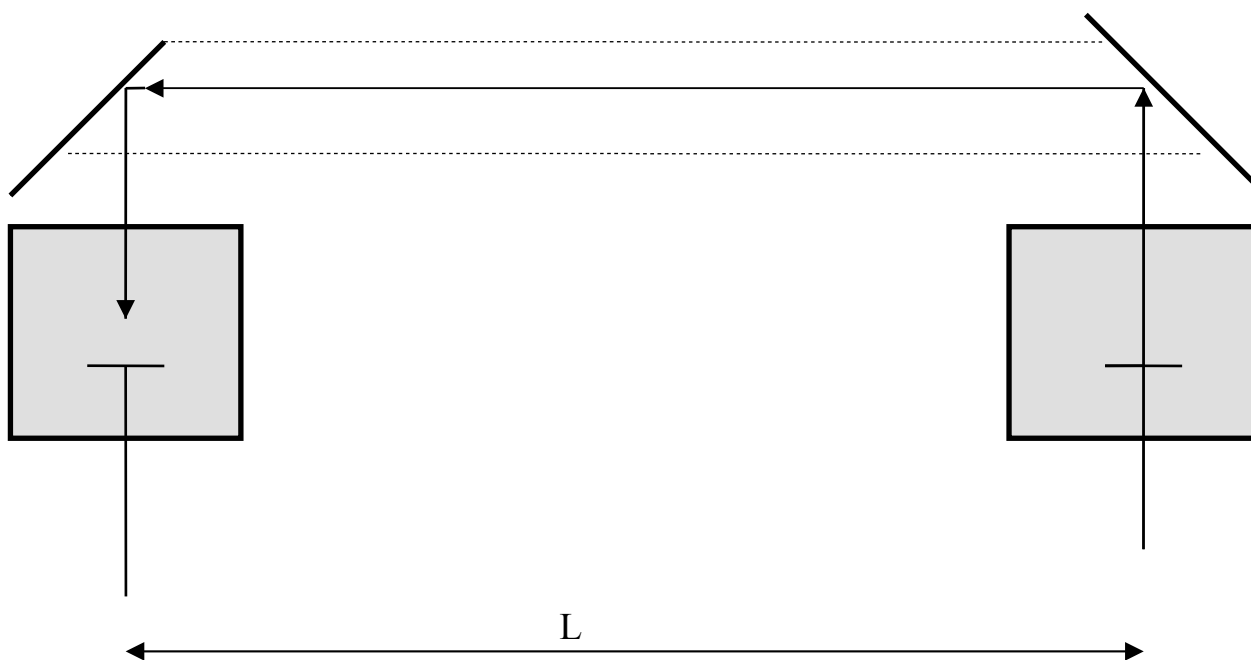
- преобразователь предъявляемый на периодическую поверку должен быть в исправном состоянии;
- к проведению поверки допускают лиц, прошедших специальную подготовку и имеющих право проведения ведомственной или государственной поверок;
- при проведении поверки должны соблюдаться условия, обеспечивающие сохранность метрологических характеристик преобразователя и контрольно-поверочной аппаратуры;
- при проведении поверки допускается нахождение приемника и передатчика в естественных условиях открытой атмосферы, при отсутствии сильных и умеренных осадков и туманов;
- при проведении поверки должны соблюдаться требования техники безопасности.

Подготовка к поверки и проведение поверки.

Перед проведением поверки проверяется наличие и полнота комплекта и преобразователя и сопроводительной документации, Затем необходимо развернуть приемник и передатчик на местах их установки и замкнуть световой канал с помощью полуоткрытых крышек (ИВО) или наклонных щитов (РВО).

Затем отсоединяется кабель приемника от пульта управления преобразователя и в разрыв включается кабельная вставка с подсоединенным к ней замыкателем. С помощью вольтметра переменного тока проверяется наличие напряжения питания преобразователя, которое должно быть в установленных пределах. Необходимо заранее подготовить протоколы поверки, зафиксировать в них метеорологические параметры окружающей Среды, данные приемника, передатчика и пульта управления, напряжение сети.

Рис. 3 *Схема замыкания светового канала преобразователя типа ИВО или РВО для проведения поверки.*

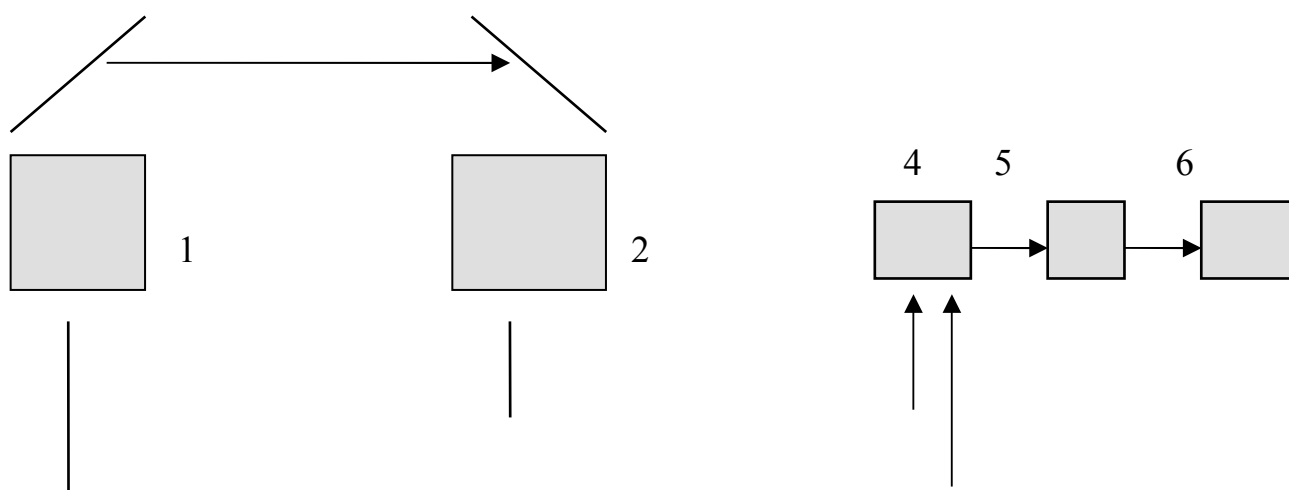


Проведение поверки начинается с внешнего осмотра. Маркировка всех частей преобразователя должна быть отчетливо различима. органы регулировки и настройки должны вращаться плавно, без заеданий, кнопки при нажатии не должны западать. Защитные стекла и отражатели не должны иметь загрязнений, трещин и дефектов. Части разъемов должны легко соединяться и размыкаться. Крышки приемника и передатчика должны свободно открываться и закрываться как в ручную, так и автоматически.

Следующая стадия поверки - опробование. При включении преобразователя в работу должна мигать лампа передатчика. и на экране ЭЛТ появиться линия развертки и сигнал. При включенном обогреве (РВО) защитные стекла приемника и передатчика будут теплыми.

После опробования определяются метрологические параметры преобразователя. Для этого отсоединяют от кабельной вставки замыкатель L3 (см. рис. 4) и на его место подключают к разъемам Ш1 и Ш2 кабельные линии задержки, начиная с линии с минимальной временной задержкой, имитирующей расстояние до НГО, и далее последовательно подключаются линии на 533 нс(80 м), 867 нс(130 м), 1400 нс(210 м), 2133 нс(320 м) и 3000 нс(450 м). Затем операцию повторяют и обратной последовательности.

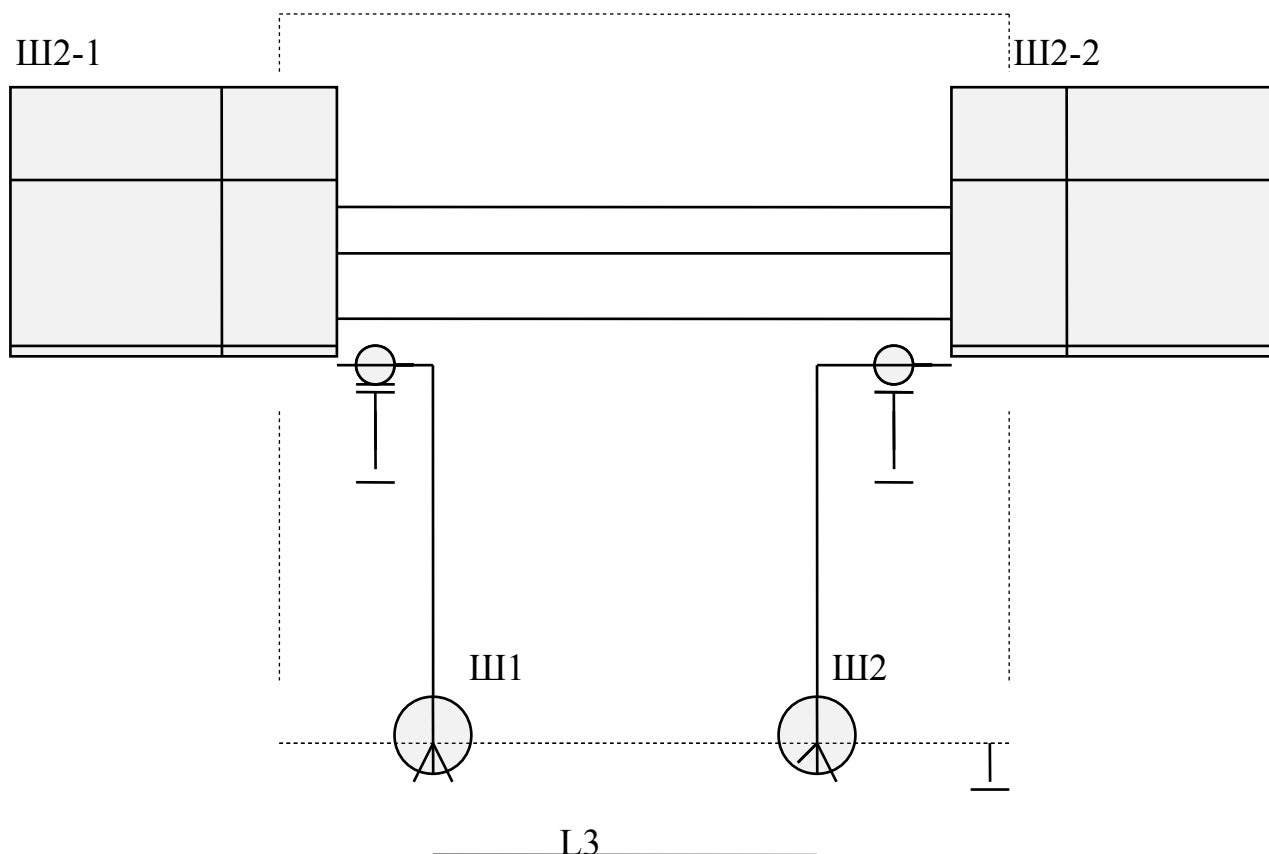
Рис. 4 Схема подключения при поверки ИВО и РВО.





- | | |
|-----------------------------|-------------------------|
| 1- передатчик | 4- пульт управления |
| 2- приемник | 5- приставка ДВ-1 |
| 3- кабельная линия задержки | 6- стрелочный указатель |

Рис.5 Кабельная вставка для проверки преобразователя типа ИВО или РВО.



Обозначение	Наименование
Ш2-1	Розетка ШР32ПК12НГ
Ш2-2	Вилка ШР32ПК12НШ
Ш1, Ш2	Соединитель радиочастотный СР-50
L3	Кабельный замыкатель из кабеля РК-50 длиной 0,2 м

Полученные результаты заносятся в протокол. Протокол должен содержать информацию о составе поверяемого прибора (заводские номера всех поверяемых приборов, а так же номера ДВ-1 и стрелочного указателя), о метеорологических условиях в которых проходила поверка (температура окружающего воздуха, температура в помещениях, где были установлены пульт управления, ДВ-1 и

стрелочный указатель. Кроме того, указываются средства и устройства поверки с заводскими номерами (термометры, вольтметр, рулетка измерительная, комплект линии задежки).

В протоколе указывается и погрешность преобразователя. Рассмотрим определяемые погрешности на примере.

имитируемое расстояние(H), м	результат измерения(H*),м	разность $a=H-H^*$, м	$(a- \quad)$, м
59	60	-1	1
117	120	-3	1
138	140	-2	0
217	220	-3	1
329	330	-1	1
217	220	-3	1
138	140	-2	0
117	120	-3	1
59	60	-1	1
n=11			

Систематическая погрешность:

Оценка среднего квадратического отклонения:

Случайная погрешность (при вероятности $P=0,9$):

где t_{α} - коэффициент Стьюдента.

Суммарная погрешность:

Максимальное значение суммарной погрешности не превышает-4 м.- не превышает предельно допускаемой погрешности. следовательно преобразователь годен к эксплуатации.

Предел допускаемой погрешности:

Имитируемая высота, м	50	110	130	210	320	450
Значение предела, м	10	16	18	25	32	42

На преобразователь, пригодный к эксплуатации, выдается свидетельство о поверке или делается соответствующая запись в формуляре прибора. При отрицательной поверки, прибор снимается с эксплуатации и в его документах делается запись о непригодности и о ее причинах.

Своевременная поверка приборов предохраняет от дополнительных и неоправданных расходов. Если допустить, что аэропорт г.Омска был временно закрыт, то ближайшие аэропорты, которые могут принять самолеты находятся в Тюмени и Новосибирске, и при нынешней стоимости авиатоплива, это обернется большими неоправданными затратами.

Принятые сокращения:

ИВО -	измеритель высоты облачности
РВО -	реистратор высоты облачности
ЭЛТ -	электронно-лучевая трубка
АРУ -	автоматическая регулировка усиления
ВНГО -	высота нижней границы атмосферы
ГПН -	генератор пилообразного напряжения
МУ -	методические указания
СИ -	средства измерений.

Литература:

- 1.Афиногенов Л.П. Романов Е.В.
“Приборы и установки для метеорологических измерений на аэродромах”
Ленинград, Гидрометеиздат, 1981.
- 2.Городецкий О.А. Гуральник И.И. Ларин В.В.
“Метеорология, методы и технические средства наблюдений”
Ленинград, Гидрометеиздат, 1984
- 3.“Правила эксплуатации метеорологического оборудования аэродромов гражданской авиации СССР” Москва, Гидрометеиздат, 1981
- 4.Тюрин Н.И.
“Введение в метеорологию” Москва, Издательство стандартов, 1976