Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова т. LXII, вып. 1, 1972 г.

К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ БОЛЬШЕГРУЗНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ ПРИ ПЛОХОЙ ВИДИМОСТИ

В. А. Гардзиш, В. В. Масленникова

Обеспечение безопасности движения большегрузных карьерных автосамосвалов при плохой видимости является весьма актуальной задачей, особенно в суровых условиях Крайнего Севера. Решение ее позволит повысить не только безаварийность работы автосамосвалов, но и их производительность. Так, например, на карьере Центрального рудника комбината «Апатит», где используются автосамосвалы БелАЗ, число дней с туманами, снегопадами и метелями достигает 300 в год. Согласно действующей инструкции, движение автосамосвалов запрещается при видимости менее 20 *м*. При видимости 20—50 *м*, несмотря на резкое снижение скорости, движение автосамосвалов не безаварийно.

Система безопасности движения (СБД) должна информировать водителя автосамосвала о наличии на пути его следования опасных препятствий. В условиях плохой видимости СБД карьерного автотранспорта должна обнаружить и определить расстояние до препятствия (до 100 *м*) на пути следования автосамосвала, обеспечить удобную подачу сигнала водителю о препятствии и указать расстояние до него. СБД должна быть простой и надежной в эксплуатации с учетом суровых климатических условий, должна иметь габариты, соответствующие объему кабины водителя; в эксплуатации должна быть экономичной. Для создания такой СБД, обладающей достаточной точностью и разрешающей способностью, можно использовать принцип радиодальномера с частотной модуляцией, основанный на явлении отражения радиоволн от объекта.* Известно, что скорость распространения радиоволн зависит от электрических свойств среды и составляет в воздушном пространстве $c = 3 \cdot 10^8$ *м/сек*. Постоянство скорости и прямолинейность распространения радиоволн позволяют определить расстояние S от радиодальномера до объекта измерением времени t прохождения сигнала от антенны передающего устройства радиодальномера до объекта $S = ct$. Поскольку измерять время радиотехническими средствами можно с весьма малыми ошибками, радиодальномерные системы обеспечивают высокую точность определения местоположения объекта.

---

* Казаринов Ю. М. и др. Радиотехнические системы. Советское радио, 1968.

В предлагаемой схеме генератор высокой частоты передатчика (рис. 1) радиодальномера через передающую антенну излучает сигнал, который проходит расстояние S от автосамосвала до объекта (например, другого самосвала), отражается от него и возвращается на антенну приемного устройства (усилитель высокой частоты и балансный детектор). Одновременно на вход приемника через фидер, находящийся внутри приемопередатчика, подается прямой сигнал непосредственно от передатчика. Частота передатчика с помощью частотного модулятора периодически плавно изменяется в определенных пределах. Путь, который проходит отраженный сигнал, значительно больше пути прямого сигнала, поэтому между ними имеется задержка по времени

$$t = \frac{2S}{c}.$$

Следовательно, на вход балансного детектора приемника все время поступают два сигнала — прямой и отраженный, разные по частоте, так как за время t, в течение которого отраженный сигнал проходит путь до объекта и обратно, частота прямого сигнала успевает измениться. В результате сложения этих сигналов в балансном детекторе формируется суммарный сигнал с частотой, равной частоте биений прямого и отраженного сигналов F_δ, т. е. разностной частоте,

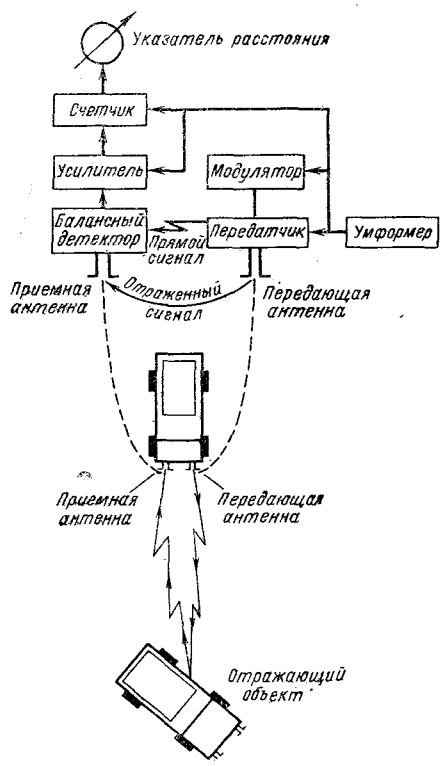


Рис. 1. Структурная схема радиодальнометрической СБД автосамосвала

$$F_\delta = k\frac{2S}{c},$$

где k — коэффициент, зависящий от скорости изменения частоты передатчика радиодальномера.

Напряжение частоты биений после усиления попадает на частотомер, где преобразуется в напряжение постоянного тока, величина которого пропорциональна частоте биений, а следовательно, расстоянию. Этот постоянный ток, проходя через индикатор расстояния, отклоняет стрелку прибора, шкала которого градуируется в метрах. Вместо стрелочного указателя возможна световая индикация. В этом случае посредством специального задатчика устанавливается значение необходимого безопасного расстояния при движении автосамосвала. При соблюдении этого расстояния, допустим, горит белая лампа, при уменьшении его загорается красная, а увеличении — зеленая.

Возможность использования принципа радиодальнометрии в СБД проверяли на Центральном руднике комбината «Апатит». На автосамосвале БелАЗ-548А (номер 62-99 МУВ) была установлена радиолокацион-

ная аппаратура типа РВ-2 (рис. 2), питание которой осуществлялось от аккумуляторов автосамосвала через умформер. На передней плоскости капота автосамосвала монтировали передающую и приемную антенны, представляющие собой горизонтальные полуволновые диполи. Расстояние между антеннами, установленными в одну линию, равнялось 2,46 *м*, а высота от поверхности Земли — 2,30 *м*. Антенны располагали на расстоянии четверти длины волны ($\lambda/4=15$ *см*) от отражающей поверхности, в качестве которой использовали стальные листы размером 500×500 *мм*, жестко укрепленные на капоте автосамосвала.

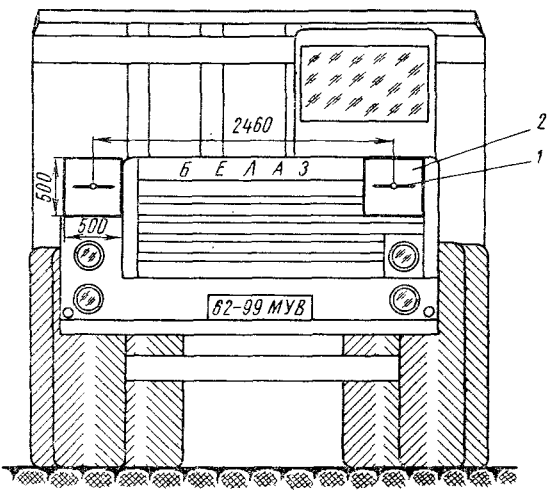


Рис. 2. Схема установки антенны *1* и отражателя *2* на автосамосвале БелАЗ-548А

Характер распространения радиоволн антеннами радиодальномера, установленного на автосамосвале, определяли по снятым пространственным диаграммам направленности антенн. Ширина диаграммы направленности передающей антенны в горизонтальной плоскости составила 65°. Это позволило более эффективно облучать переднюю полусферу пространства. Диаграмма направленности приемной антенны была сужена до 30° благодаря применению дополнительного направляющего пассивного диполя, установленного на расстоянии $\lambda/2=30$ *см* от излучающего диполя. Такое сужение диаграммы направленности позволило уменьшить отражение от боковых объектов и обнаруживать те объекты, которые находились впереди по ходу движения автосамосвала.

При расположении в свободном пространстве, вдали от земной поверхности, направленность дипольных антенн излучения в вертикальной плоскости была бы равномерной по кругу. Близость земной поверхности резко изменяет направленность излучения радиоволн из-за возникновения интерференции основного и отраженного сигналов. Поэтому в вертикальной плоскости будут области с максимальным и минимальным излучением чередоваться, а структура диаграммы будет лепестковой.

При креплении антенн на автосамосвале были откорректированы диаграммы направленности и совмещены максимумы излучения антенн. Поэтому при движении автосамосвала в карьере стрелочный индикатор расстояния уверенно фиксировал такие одиночные встречные препятствия, как автосамосвалы, экскаваторы на расстояниях 4—60 *м* с допусти-

мой погрешностью. При наличии в зоне облучения антенны нескольких объектов (например, автосамосвалов), находящихся на сравнительно небольшом расстоянии, показания индикатора расстояния из-за того, что на вход приемника одновременно поступал целый ряд отраженных сигналов, становились неустойчивыми. Плохая видимость из-за снега и тумана не нарушала работу СБД автосамосвала. Проведенные предварительные эксперименты в производственных условиях подтвердили реальные возможности использования принципа радиодальнометрии в СБД автосамосвалов при плохой видимости.