ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ В КАНАЛЕ ПОЕЗДНОЙ РАДИОСВЯЗИ

Н. Ф. Швачка

Харьков

Теоретические исследования качества передачи в канале поездной радиосвязи показали, что разборчивость речи в радиотракте, образованном на радиостанциях ЖР-3, при действии акустических шумов, электрических помех и волнообразного изменения сигнала отвечает классу качества не выше «удовлетворительно» [7]. Этому классу качества соответствует определенное значение отношения сигнал — помеха, являющееся более удобным критерием оценки работоспособности радиоканала, особенно при приемо-сдаточных и эксплуатационных измерениях.

Основная цель статьи — установить соотношения между известными классами качества передачи речи [3, 4, 5] и соотношение сигнал-помеха в канале поездной радиосвязи. В такой постановке задача решалась рядом авторов [4, 5] и не противоречит рекомендациям МККР [1, 2]. Результаты экспериментальных исследований разборчивости передачи позволят также подтвердить данные теоретического анализа [7].

Методика проведения экспериментальных исследований

Исследования качества передачи в радиоканале из двух радиостанций ЖР-3 проводились артикуляционным методом по слоговой разборчивости в лабораторных условиях в соответствии с требованиями ГОСТа на испытания телефонных аппаратов. Для проведения измерений была отобрана артикуляционная бригада из шести человек с нормальным слухом (согласно медицинскому освидетельствованию) в возрасте 18—21 года и проведена ее предварительная тренировка на близком к «идеальному» и реальных трактах. Выполнялись дополни-

тельные требования к артикуляционной бригаде и методике испытаний, изложенные в работе [5].

Экспериментальная установка позволяла создавать на входе приемника радиостанции ЖР-3 гладкие и импульсные помехи, измерять соотношение сигнал — помеха на выходе тракта с помощью селективного вольтметра (импульсные помехи) или псофометра (гладкие помехи).

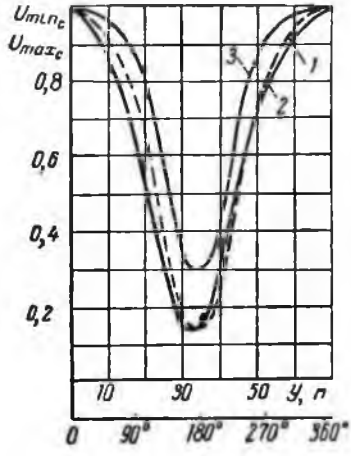


Рис. 1. Изменение напряжения сигнала на входе радиостанции.

Моделирование волнообразного изменения сигнала в высокочастотном тракте осуществлялось периодическим изменением выходной мощности передатчика. Частота изменений выходной мощности определялась скоростью вращения электродвигателя (с редуктором) и могла регулироваться в широких пределах, моделируя различную «скорость» движения локомотива на участке (от 5 до 200 *км/ч*). На рис. 1 представлены зависимости изменения напряжения сигнала на входе приемника от угла поворота элемента настройки передатчика (кривые *2*, *3*) и расчетная зависимость изменения напряжения в пролете длиной 70 *м* между двумя изоляторами направляющего провода (кривая *1*) [7]. Измерения проводились при двух максимальных значениях сигнала на входе приемной радиостанции (2000 и 1000 *мкв*). В последнем случае характер изменения напряжения представлен на рис. 1 кривой *3*.

Результаты измерения разборчивости речи в канале

Измерения показали, что слоговая разборчивость S в радиосети из двух радиостанций ЖР-3 при невысоком уровне акустических шумов (60—75 *дб*) и отсутствии электрических помех составляет величину порядка 90%, если прием ведется на микротелефонные трубки, и снижается до 65—75% при приеме на громкоговорители. Это убедительно доказывает возможность получения весьма высокого качества передачи в канале, состоящем из применяемых на железнодорожном транспорте радиостанций.

Введение в тракт электрических помех любого характера приводит к ухудшению разборчивости (рис. 2), причем на частотах следования импульсов помех до 2500 *гц* она выше, чем при гладкой помехе. Этого следовало ожидать, так как белый шум оказывает маскирующее действие во всем разговорном спектре. Наибольшее мешающее действие почти во всем интервале значений отношения сигнал-помеха оказывают импульсные помехи с частотами следования 250 и 2500 *гц*.

Характерна сама зависимость разборчивости от частоты: с повышением частоты разборчивость растет, затем начинает падать. Это вызвано, по-видимому, значительным маскирующим действием импульсных помех с низкими частотами повторения и увеличением относительного времени перерыва в передаче сообщений при более высоких частотах следования импульсов. Данные (рис. 2) указывают и на другое обстоятельство — резкое уменьшение разборчивости при отношении сигнал-помеха на выходе 1,5—2 и слабую ее зависимость от характера помех.

Подобный характер зависимостей для пороговых систем радиосвязи с гладкими помехами можно найти в ряде работ [4]. Точки перегиба кривых обычно соответствуют значениям отношения сигнал — помеха на выходе 1,1—1,3.

Особенностью изменения характеристик при импульсных помехах в тракте (рис. 2) является сдвиг точек перегиба кривых в сторону больших значений отношения сигнал-помеха и более сильное мешающее действие импульсных помех на крутом участке графика. На этом важном в практике поездной радиосвязи участке характеристик удовлетворительное качество передачи обеспечивается при отношении сигнал-помеха, равном 1—1,1. Наихудшие условия для работы канала поездной радиосвязи создаются импульсными помехами с частотой повторения 250 *гц*. Учитывая, что импульсные помехи с такой частотой повторения на участках с электротягой на переменном токе могут появляться с достаточно высоким значением вероятности [8], в дальнейших измерениях использовали источник помех с частотой повторения импульсов 250 *гц*.

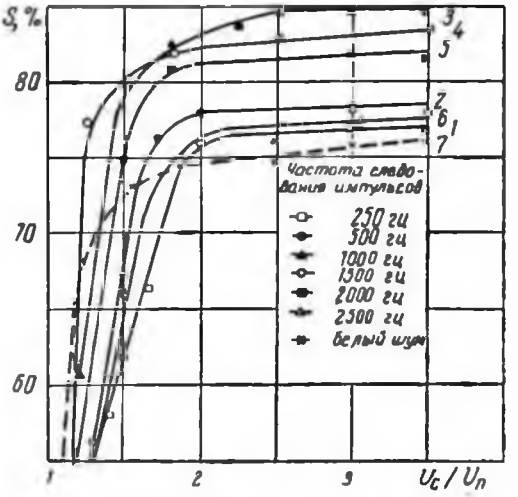


Рис. 2. Зависимость слоговой разборчивости от соотношения сигнал-помеха на входе частотного детектора.

Электрические помехи в тракте с волнообразным изменением сигнала ухудшают качество передачи тем сильнее, чем меньше отношение $\left(\frac{U_{max_c}}{U_n}\right)_{вых}$ и больше $\frac{U_{max_c}}{U_{min_c}}$.

Здесь U_{max_c}, U_{min_c} — амплитуда наибольшего и наименьшего напряжения сигнала при волнообразном его изменении;

U_n — напряжение помех.

На рис. 3 представлена зависимость слоговой разборчивости от отношения $\left(\frac{U_{max_c}}{U_n}\right)_{вых}$ на выходе канала с гладкими помехами и изменением сигнала по рис. 1 (кривая 2). Здесь удовлетворительное качество передачи можно получить при $\left(\frac{U_{max_c}}{U_n}\right)_{вых}$, равном 2,2—4,2 в зависимости от скорости движения. При тех же условиях и изменении сигнала по кривой 3 рис. 1 разборчивость передачи мало зависит от скорости движения, причем она еще сильнее уменьшается, и даже удовлетворительного качества передачи в тракте получить нельзя.

Сравнение результатов расчета [7] и данных экспериментальных исследований разборчивости в канале с гладкими помехами и волнообразным изменением сигнала показывает их хорошее совпадение (отличие разборчивости на 3—4%).

Импульсные помехи, как и ранее, ухудшают разборчивость, но на пологом участке характеристик в значительно меньшей мере, чем гладкие.

Уменьшение напряжения сигнала на входе приемника до 1000 *мкв* и изменение характера зависимости (рис. 1—3) значительно ухудшает разборчивость передачи (рис. 4), причем, тем сильнее, чем выше скорость движения. На наиболее важном участке кривых рис. 4 при $\left(\frac{U_{max_c}}{U_п}\right)_{вых} = 1—3$ обеспечивается удовлетворительное качество передачи.

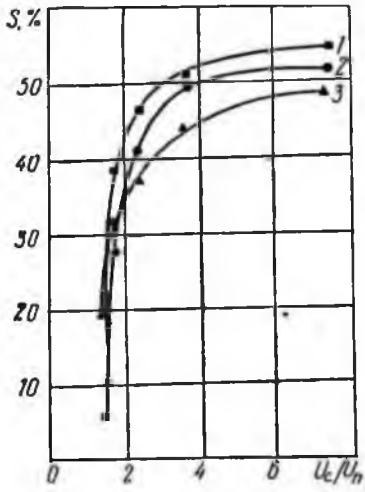


Рис. 3. Зависимость разборчивости от соотношения сигнал-помеха при гладкой помехе. 1 — $V = 21$ *км/ч*; 2 — $V = 64$ *км/ч*; 3 — $V = 107$ *км/ч*.

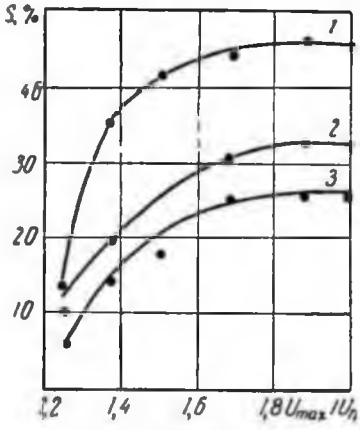


Рис. 4. Зависимость разборчивости от отношения $\frac{U_{max_c}}{U_п}$ при волнообразном изменении сигнала в канале и импульсной помехе.

Полученные результаты дают достаточно объективную оценку качества передачи в канале и соответствующие требуемым классам качества [3, 4, 5] отношения сигнал — помеха. Однако первая попытка применить полученные данные в действующем канале поездной радиосвязи путем контрольного прослушивания переговоров между дежурными по станциям (ДСП) и машинистами и сопоставления с полученными значениями разборчивости, соответствующие ей отношения сигнал — помеха, дали неожиданный результат: при том же отношении сигнал — помеха разборчивость сообщений в действующем канале радиосвязи оказалось выше, чем при лабораторных испытаниях. Можно предположить, что основной причиной такого эффекта является ограниченный объем словаря [6] в переговорах между ДСП и машинистами.

Для оценки степени увеличения разборчивости передачи между абонентами поездной радиосвязи были выполнены измерения разборчивости фраз, часто используемых в переговорах. Их общее количество (примерно 100) взято на основании анализа переговоров между ДСП и механиками, а также механиков между собой за один месяц работы крупного железнодорожного узла и промежуточной станции. Функции операторов и дикторов в измерениях выполняли 12 механиков и помощников механиков. Исследования проводились в стационарных условиях: в помещении приема был создан акустический шум $B_ш = 90$ *дб*, записанный ранее с помощью магнитофона МАГ-8 в кабине электрово-

за ВЛ-60. Электрические помехи, предварительно записанные в низкочастотном тракте локомотивной радиостанции, подавались в те же точки схемы (вход предварительного усилителя низкой частоты). Соотношение сигнал-помеха на выходе приемника измерялось псофометром «Тесла», а напряжение несущей на входе радиостанции — измерителем помех ИП-12-2М. Прием велся на телефонные трубки УНАС-210, входящие в комплект радиостанции ЖР-3.

Результаты измерений представлены на графике рис. 5. Здесь же приведены зависимости $S = f(\frac{U_c}{U_п})_{вых}$ рис. 2 для гладкой и импульсной (кривая 2 $F_п = 250$ *гц*) помех, пересчитанные к значениям разборчивости фраз. Данные полученных измерений указывают на более высокую разборчивость сообщений, принятых локомотивными бригадами в интервале значений соотношения сигнал-помеха на выходе 1, 4 и выше. На крутом участке характеристик поведения кривых меняется: импульсные помехи ($F_п = 250$ *гц*) оказывает большее, а гладкие — меньшее мешающее действие, чем помехи в тракте, близком к реальному. Это объясняется неполным подавлением импульсных помех сигналом при небольшом отношении сигнал-помеха и последующим проявлением интегрирующего свойства слуха. Хорошее и удовлетворительное качество передачи в результате испытаний (рис. 1—5) достигается при отношении сигнал-помеха на выходе, соответственно равном

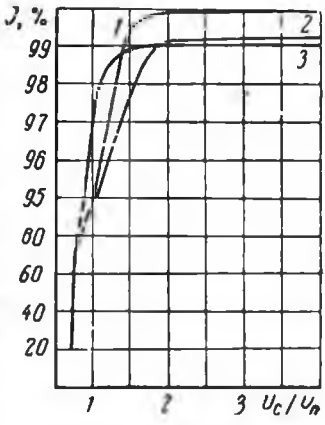


Рис. 5. Зависимость разборчивости фраз от соотношения сигнал-помеха на выходе радиостанции.

$$\left(\frac{U_c}{U_п}\right)_{вых} = 1{,}3 - 1{,}5; \quad \left(\frac{U_c}{U_п}\right)_{вых} = 1{,}1 - 1{,}3;$$

хорошее при

$$\left(\frac{U_c}{U_п}\right)_{вых} = 1{,}2 - 1{,}6; \quad \left(\frac{U_c}{U_п}\right)_{вых} > 1{,}1;$$

удовлетворительное

$$\left(\frac{U_c}{U_п}\right)_{вых} = 1{,}2 - 1{,}6; \quad \left(\frac{U_c}{U_п}\right)_{вых} = 0{,}95 - 1{,}1$$

по данным кривых 2 и 3 соответственно.

ВЫВОДЫ

В наиболее тяжелых условиях работы канал поездной радиосвязи не обеспечивает «хорошего» качества передачи, а для получения класса качества не хуже «удовлетворительного» отношение сигнал-помеха на выходе должно быть не менее 5 *дб*. При этом отношение сигнал-помеха на входе радиостанции должно быть не менее 14 *дб*.

ЛИТЕРАТУРА

1. МККР. Документы X пленарной ассамблеи, т. III. Исследовательская программа 3а. Связьиздат, 1965.
2. МККР. Документы X пленарной ассамблеи, т. III. Рекомендация 339. Изд-во Связьиздат, 1965.

3. А. М. Сапожков. Речевой сигнал в кибернетике и связи. Связьиздат, 1963.
4. Ю. С. Быков. Теория разборчивости речи и повышение эффективности радиотелефонной связи. Госэнергоиздат, 1959.
5. Н. Б. Покровский. Расчет и измерение разборчивости речи. Связьиздат, 1962.
6. Дж. Фланаган. Анализ, синтез и восприятие речи. Связьиздат, 1968.
7. Н. Ф. Швачка. Исследование качества передачи в канале поездной радиосвязи в диапазоне частот радиостанции ЖР-3. Повышение надежности устройств автоматики, телемеханики и связи. Труды ХИИТа, вып. 112. Изд-во «Транспорт», 1969.
8. Н. Ф. Швачка. Помехи в канале поездной радиосвязи в диапазоне частот радиостанции ЖР-3. Повышение надежности проводной и радиосвязи на железнодорожном транспорте. Труды ХИИТа, вып. 98. Изд-во «Транспорт», 1967.

ПРЕДПОСЫЛКИ АВТОМАТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ СНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ СЫРЬЕМ НА ОСНОВЕ ПОСТОЯННОГО ГРАФИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ

Ю. Е. Лукьянов

Харьков

В условиях автоматизации перевозочного процесса большое значение приобретает изучение и разработка теоретических основ функционирования отдельных стохастических систем транспортного конвейера, что является первой предпосылкой для алгоритмизации их рабочего цикла и установления оптимальных параметров системы в целом.

Работа железных дорог может быть представлена целым комплексом динамических систем, каждая из которых стохастическая.

В силу специфики функционирования системы снабжения промышленных предприятий сырьем решение отдельных вопросов выходит за рамки только магистрального транспорта. Установление для маршрутов постоянных расписаний, обеспечивающих ритмичное функционирование системы «дорога — завод», требует несколько иного подхода к вопросу разработки графика движения поездов.

Организации работы системы на базе постоянных расписаний для маршрутов с сырьем должно предшествовать установление экономической целесообразности подобной меры.

Анализ перевозок рудно-металлургического сырья и топлива на тепловые электростанции, осуществляемых технологическими маршрутами, показывает, что для них характерны устойчивая корреспонденция грузопотоков, высокий удельный вес перевозок в местном сообщении, сравнительно небольшая дальность перевозки и значительная неравномерность подвода маршрутов в пункты назначения.

Неритмичность поступления маршрутов под выгрузку объясняется в значительной мере наличием на металлургических заводах, тепловых электростанциях и других предприятиях значительных запасов грузов. Резервный, «страховой» запас используется как средство защиты системы снабжения от дефицита, состояния, когда для удовлетворения спроса нет необходимого количества груза.

На рис. 1 представлена упрощенная модель управления запасами сырья. Уровень запасов сырья в системе, когда наличные запасы его на предприятии должны пополняться новой партией, в дальнейшем будем именовать «точкой заказа» *1*.

На рис. 1: *1*, *1′*, *1″* ... — «точки заказа»; *2*, *2′*, *2″* ... — точки поступления партий груза; S — суточный расход сырья данного вида; q — суточное поступление сырья, t — время между «точкой заказа» и поступ-