



Военное небо над Лондоном

БИТВА ЗА БРИТАНИЮ

Часть 3

Первого сентября 1939 г. германские войска перешли границу Польши. Третьего сентября, во исполнение ранее данных Польше гарантий, правительство Великобритании объявило войну Германии. Шестью часами позже правительство Франции последовало примеру Великобритании. В Европе началась Вторая мировая война.

Несмотря на объявление войны, в период с 3 сентября 1939 г. по 10 мая 1940 г. союзные англо-французские войска на Западном фронте (на европейском континенте) никаких активных действий не вели, шла так называемая «странная война». Активные боевые действия велись только на морских коммуникациях. 19 мая 1940 г. германские войска прорвали оборону союзников на Западе, и через 40 дней все было кончено. Английские экспедиционные войска и часть французской армии были прижаты германскими танковыми соединениями к побережью Ла-Манша в районе города-порта Дюнкерк. Их эвакуировали морем в Англию, спасая от уничтожения немцами, с 26 мая по 3 июня. Немцы захватили всю британскую и французскую артиллерию, бронетехнику, транспортную технику, а также несколько образцов подвижных английских радиолокационных станций, брошенных союзниками при отступлении.

Изучение этих РЛС укрепило мнение немцев о превосходстве их РЛС. О том же, что трофейные образцы фактически устарели и что в Англии в этот период ускоренными темпами велась разработка радиолокационной аппаратуры, работающей в диапазоне волн длиной от нескольких метров до нескольких сантиметров и обладающей благодаря этому большей точностью и рядом других преимуществ, немцам ничего еще не было известно.

АНГЛИЙСКИЕ РЛС ОБНАРУЖЕНИЯ НИЗКОЛЕТЯЩИХ САМОЛЕТОВ

10 августа 1940 г. немцы начали массированную воздушную войну против Британии. Как было сказано во второй части этой статьи, низколетящие самолеты обнаруживались британскими РЛС «Chain Home»-СН

(Окончание. Начало см. в №№ 6, 7 2016 г. «Науки и Техники»)

(при высоте подвеса антенны $h = 73$ м) только на близком расстоянии от станций. Чтобы обеспечить обнаружение таких самолетов, требовалось увеличить возможно больше высоту подвеса h и максимально укоротить длину рабочей волны λ . Антенны станций СН имели отношение h / λ , равное примерно 8.

Для англичан стало очевидным, что рано или поздно немцы начнут применять налеты бомбардировщиков на малой высоте, чтобы таким образом избежать их обнаружения РЛС. Возникла необходимость разработать РЛС обнаружения низколетящих самолетов. Такая станция была создана (рис. 1) и получила название Chain Home Low (CHL). Она имела следующие тактико-технические характеристики:

- ✓ максимальная дальность действия 160 км;
- ✓ «мертвая» зона над поверхностью моря 60–100 м (при $h / \lambda = 45$);
- ✓ длина волны 1,5 м;
- ✓ мощность излучения (в импульсе) 100 кВт.

При длине волны в 1,5 м можно получать более узкий луч, работая с антенной небольших размеров. Размеры антенной системы станции CHL не превышали 4–5 λ . Конструкция антенны этой станции давала луч шириной в 10° в горизонтальной плоскости. Антенна была вращающейся, что позволяло последовательно просматривать сектор за сектором. Учитывая, что в течение одного рабочего цикла станции передатчик работает всего несколько микросекунд, прием отраженных от цели импульсов проводился на ту же антенну. Приемник станции при этом был надежно защищен от вредного воздействия мощных зондирующих импульсов.

Помимо этого, на станциях обнаружения низколетящих самолетов было еще одно крупное нововведение. Электронно-лучевая трубка с горизонтальной разверткой, применявшаяся на станциях СН, была заменена на станциях CHL трубкой кругового обзора (рис. 2). Благодаря использованию в РЛС CHL вращающейся

антенны и трубки кругового обзора с радиально-круговой разверткой на экране трубки отражалось местоположение целей вокруг станции, в то время как при помощи станции СН можно было осуществлять обзор только в секторе. В этой трубке использовался экран, обладающий так называемым «послесвечением», т. е. сохраняющий свечение в течение определенного промежутка времени.

Наличие трубки кругового обзора позволило применить станции подобного типа для наведения своих истребителей на немецкие бомбардировщики и создать наземные радиолокационные станции управления истребителями.

Ранее для осуществления наведения на цель пользовались донесениями о воздушной обстановке, получаемыми от станций СН. При этом приходилось прибегать к помощи карт-планшетов, на которых по данным, сообщаемым станцией СН, засечками наносилось местоположение истребителей и бомбардировщиков. Трубка кругового обзора позволяла сразу видеть обстановку в воздухе, и планшет стал ненужным. Для определения угла места целей на новых станциях были установлены дополнительные антенны, подвешенные на разных высотах.

С началом боевой работы станций CHL «мертвая» зона над поверхностью моря значительно уменьшилась и равнялась всего нескольким сотням футов (60–100 м). Чтобы уничтожить и эту зону, надо было укоротить рабочую волну. Чтобы этого достичь, были разработаны станции сантиметрового диапазона с параболическими рефлекторами, обеспечивавшими создание узкого луча. На работу таких станций отражения от земли или поверхности моря влияния не оказывали.

Следует сказать, что при дневных налетах немецких бомбардировщиков сеть наземных станций обнаружения самолетов и наведения истребителей была достаточно эффективна и позволяла подвести свои истребители к бомбардировщикам противника на расстояние в несколько километров. Однако при ночных полетах положение усложнялось. В этом случае требовалось подвести истребитель к бомбардировщику на расстояние в несколько сот футов (60–100 м), чтобы пилот мог увидеть цель в темноте и атаковать противника. Для решения этой задачи была разработана самолетная радиолокационная станция Aircraft Interception (AI) для перехвата самолетов противника.

АНГЛИЙСКИЕ САМОЛЕТНЫЕ РЛС AIRCRAFT INTERCEPTION

Станция AI работала на волне 1,5 м. Передающая антенна, установленная в носовой части фюзеляжа, посылала импульсы в направлении движения самолета. Если в воздухе на расстоянии 3–5 км оказывалась цель, то ее можно было обнаружить. Станция определяла три координаты цели: дальность, азимут и высоту. На самолете было две пары приемных антенн; одна пара служила для определения азимута, другая — высоты. Антенны устанавливались на левой и правой передних плоскостях самолета. Диаграмма направленности каждой антенны определения азимута охватывала пространство не только прямо перед собой, но и несколько в сторону (левая антенна — влево, правая — вправо) (рис. 3). Если самолет противника находился в точке T_1 (левая половина диаграммы направленности передающей антенны), то отраженный от него импульс создавал большую э.д.с. на левой антенне азимута, чем на пра-

вой. В свою очередь, если цель находилась в точке T_2 (правая половина диаграммы направленности передающей антенны), то э.д.с. правой антенны азимута была больше.

Вторая пара антенн для определения угла места устанавливалась так же, как и антенны азимута. Одна из этих антенн устанавливалась так, что диаграмма ее направленности приподнята вверх, а диаграмма направленности другой — опущена вниз. Оператор самолетной РЛС, сравнивая амплитуды импульсов на экранах электронно-лучевых трубок (азимута и угла места), мог установить направление на цель и высоту относительно своего самолета и сообщить эти сведения пилоту. Дальность до цели указывалась на обеих трубках.

Использование самолетной РЛС AI в боевых условиях показало, что эта станция имеет два существенных недостатка:

- ✓ недостаточная дальность действия позволяла бомбардировщику за время обнаружения станцией AI отраженного от него импульса выйти из зоны действия станции;

- ✓ часть излучаемой станцией AI энергии, отразившись от земли, мешала обнаружению самолета противника на экране.

В дальнейшем была разработана модификация станции AI, работавшая на сантиметровых волнах. Антенная система такой станции излучала весьма узкий луч, и влияние отражений от земли не сказывалось. Кроме того, новая станция имела большую дальность действия и позволяла значительно точнее определять азимут.

Подобно станции CHL станция AI сантиметрового диапазона имела только одну антенну для передачи и приема, помещенную в фокусе параболоида. Антен-



Рис. 1. РЛС CHL, установленная на морском побережье

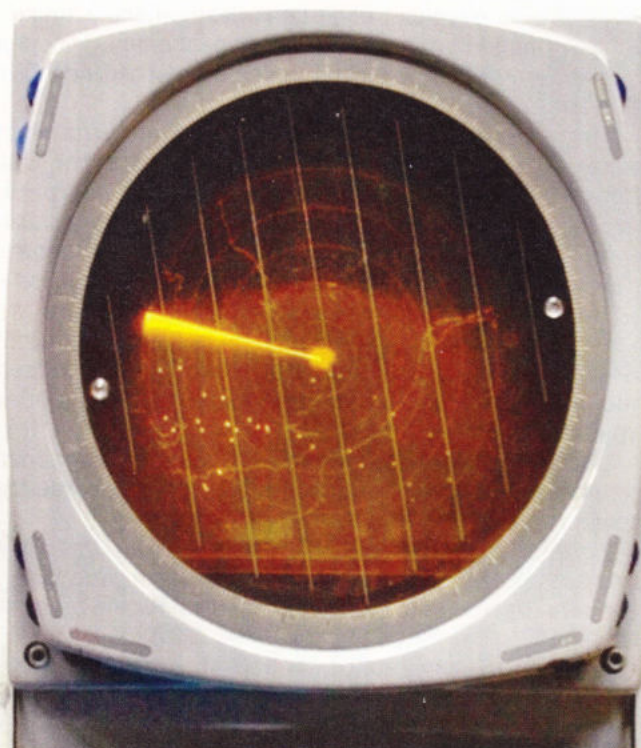


Рис. 2. Электронно-лучевая трубка кругового обзора

на осуществляла спиральное разворачивание (рис. 4). В этом случае луч начинал развертку с центра и описывал круги все увеличивающегося диаметра, пока не достигал 45° , после диаметр кругов начинал уменьшаться. При спиральной развертке антенны применялась радиальная развертка электронно-лучевой трубки. Развертка электронного луча в этом случае происходила в том же направлении, что и посылка импульса, и, таким образом, указывала направление антенны. При появлении отраженного импульса на развертке электронного луча возникало светлое пятно.

Усиленное развитие сантиметровой техники позволило англичанам создать и РЛС другого назначения, работающие на этих волнах. Так были созданы станции

орудийной наводки, а позже — самолетные РЛС, служившие для обнаружения кораблей.

Резкое увеличение мощности генераторов волн сантиметрового диапазона, используемых в РЛС, было достигнуто благодаря изобретению многорезонаторного магнетрона и его использованию в этих генераторах.

МНОГОРЕЗОНАТОРНЫЙ МАГНЕТРОН И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В АНГЛИЙСКИХ РЛС

В декабре 1939 г. лаборатория профессора Маркуса Олифанта в Бермингемском университете заключила контракт на разработку генератора волн длиной 10 см, обладающего мощностью, достаточной для создания на его основе радиолокатора. Олифант, известный австралийский ученый-физик, в то время работал в этом университете. Джон Рэндалл и Гарри Бут, два молодых физика, были привлечены для решения этой задачи. Всего через два месяца (21 февраля 1940 г.) они создали новый вид магнетрона с цельномедным анодом. Непосредственно в теле этого анода было выполнено восемь концентрически расположенных полостей (камер), каждая из которых соединялась своей щелью с пространством взаимодействия магнетрона — полостью между катодом и многосегментным анодом (рис. 5). Таким образом, этот магнетрон имел восемь полых СВЧ-резонаторов вместо восьми внешних LC-контуров. Чтобы такой магнетрон генерировал колебания, его надо поместить в магнитное поле достаточной интенсивности, накаливать катод и проложить между катодом и анодом достаточное по величине напряжение. Это напряжение может быть либо неизменным во времени, либо импульсным. В последнем случае специальный генератор импульсов создает между катодом и анодом напряжение, длящееся обычно около одной микросекунды. Энергия высокой частоты, создаваемая в многокамерной резонаторной системе движением электронов, передается через выходное устройство магнетрона в место ее потребления. Существенной частью выходного устройства является проволочная петля, индуктивно связанная

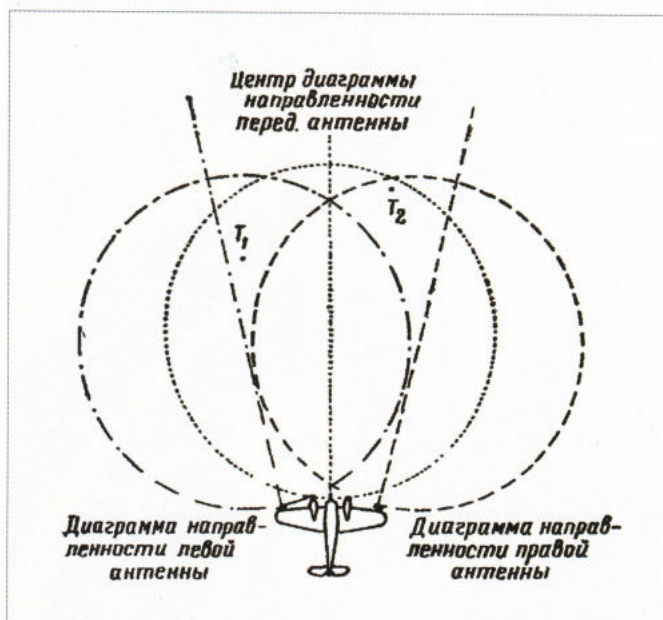


Рис. 3. Диаграммы направленности передающей и приемных антенн определения азимута

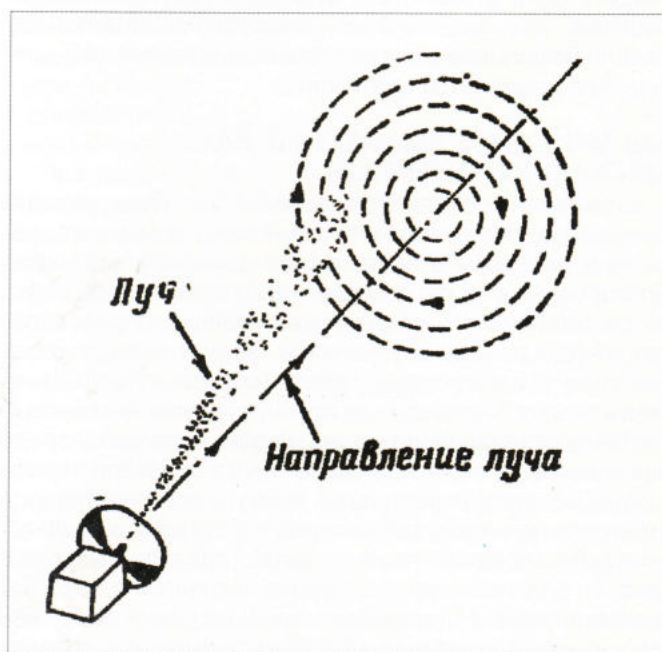


Рис. 4. Схема спирального разворачивания

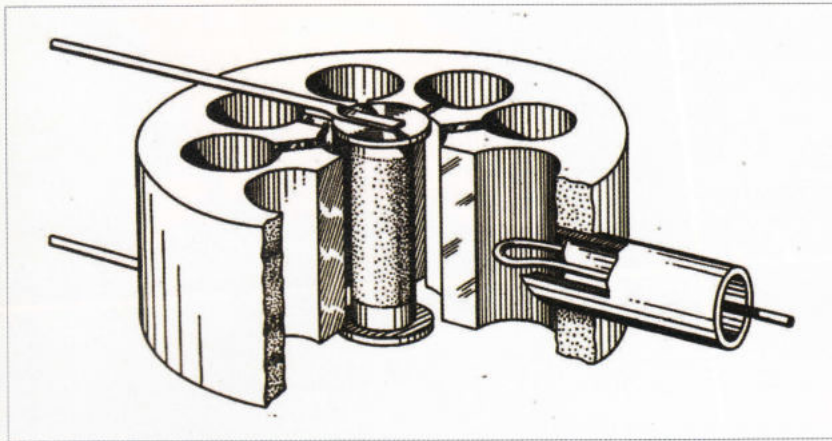


Рис. 5. Многорезонаторный магнетрон

с одной из камер резонаторной системы магнетрона. Эта петля возбуждает коаксиальную фидерную линию, по которой энергия высокой частоты поступает в нагрузку.

Первые лабораторные образцы этого многорезонаторного магнетрона имели выходную мощность 400 Вт (на волне длиной 10 см) при постоянном анодном напряжении питания. В течение нескольких недель эта мощность была увеличена до 1 000 Вт. Партия опытных образцов этого магнетрона, имеющего к тому же весьма компактный размер, была изготовлена к середине июля 1940 г.

Наличие такого магнетрона позволило англичанам создать самолетную РЛС. Использованный в ней магнетрон (рис. 6) имел следующие характеристики: длина волны — 9 см; длительность «пакета» радиоволн — 1 мкс; частота повторения «пакета» — 1 000 Гц; пиковое значение мощности в «пакете» — 25 КВт; к.п.д. устройства — 70 %.

Следует отметить, что в ноябре 1935 г. в Берлине доктор Ханс Эрик Хольман (Х. Е. Hollman) представил для патентования в Германии свой многокамерный резонаторный магнетрон. В 1938 г. он также получил на него в США патент № 2123728. Можно считать, что Рэндалл и Бут, создавая свой магнетрон, использовали магнетрон Хольмана в качестве прототипа, но увеличили количество камер-резонаторов с четырех до восьми и добавили жидкостное охлаждение.

Ради исторической справедливости следует сказать, что, начиная с осени 1935 г., в СССР в НИИ-9, открытом на базе Ленинградского электрофизического института, под руководством профессора Михаила Александровича Бонч-Бруевича проводились работы по созданию многорезонаторного магнетрона. По его эскизам и под его руководством инженерами Н. Ф. Алексеевым и Д. Е. Маляровым была разработана конструкция анодного блока многорезонаторного магнетрона, изготовленная вначале из листового тантала, а затем из целого куска меди. С 1936 по 1937 гг. они вели разработку таких магнетронов в диапазоне волн от 2,6 до 10 см; анодные блоки их магнетронов, охлаждаемые

проточной водой, имели от четырех до восьми резонаторов и давали возможность получить колебательную мощность в непрерывном режиме до нескольких сот Ватт.

Итак, к началу авиационного наступления немцев на Британию (10 августа 1940 г.) в воздушных флотах, участвующих в нем, было около 1 300 бомбардировщиков и около 1 200 истребителей. Британские ВВС к середине июля имели в своем составе 750 истребителей. Британская авиационная промышленность всячески наращивала производство истребителей, и к середине лета оно возросло в два с половиной раза.

За две недели после 10 августа Люфтваффе потеряли 167 бомбардировщиков. 16 сентября во время бомбардировки Лондона было сбито 60 немецких самолетов. Британская авиация потеряла в этот день 26 истребителей, причем большинству летчиков удалось спастись. В ходе битвы за Британию с августа по конец октября немцы потеряли 1 733 самолета, потери британской авиации составили 915 истребителей.

Зимой из-за неблагоприятной погоды интенсивность налетов уменьшилась. 16 мая 1941 г. основные силы Люфтваффе были отправлены на восток для подготовки к вторжению в СССР. «Блицу» в небе над Британией был положен конец. Немцам не удалось сломить дух английского народа. Битва за Британию была выиграна потому, что у защитников страны не было другого выбора, кроме победы.

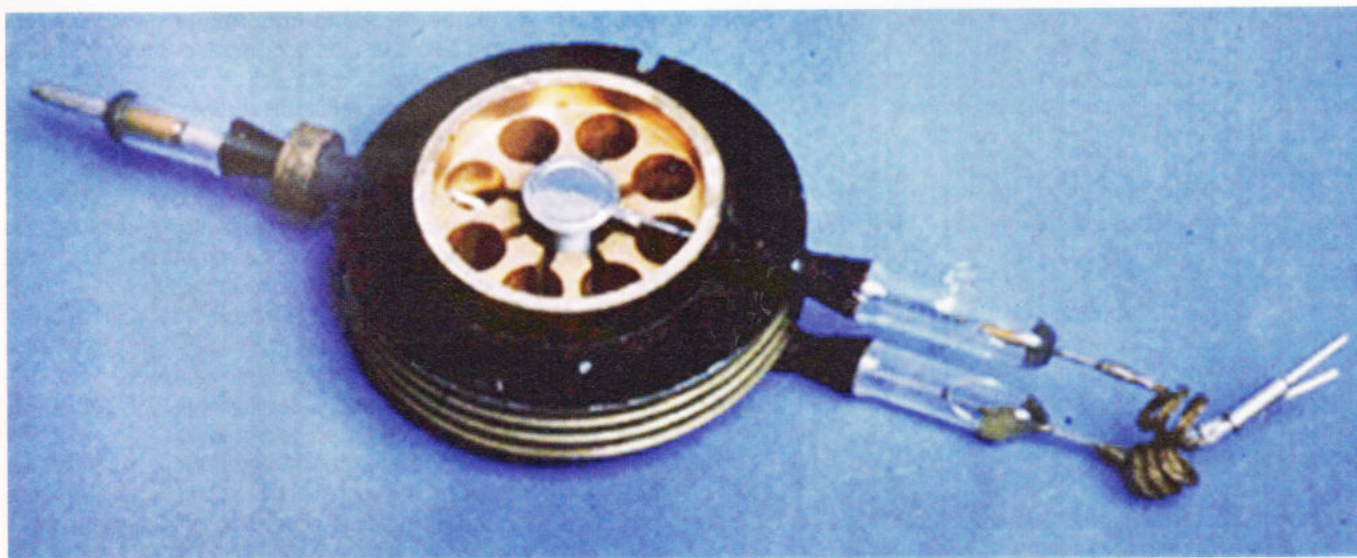


Рис. 6. Магнетрон самолетной РЛС А1