

В.А. КОТЕЛЬНИКОВ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ УЧЕНЫХ НИИРАДИО

*М.А. Быховский, П.Н. Муравчик, Е.З. Сорока,
В.Н. Троицкий*

Ценность творений человеческих заключается не в них самих, но в развитии, которое они получают от прочих людей и от последующих обстоятельств.

Поль Валери

Введение

Пионерские научные идеи выдающихся ученых оказывают существенное воздействие на современников и ближайшие поколения. Возникающие на базе новых научных идей важные приложения, имеющие практическую ценность, вызывают спрос на познания, в результате чего происходит взрыв научного творчества в данной области.

Влияние новых научных идей проявляется в том, что они, с одной стороны воодушевляют других исследователей, которые начинают их развивать, а с другой — энергичная деятельность ученых способствует распространению знания среди инженеров, которые на основе этих знаний создают новую технику. Новая техника коренным образом изменяет условия жизни людей на Земле. Таким образом, как установил выдающийся русский ученый академик В.И. Вернадский, на Земле формируется ноосфера — сфера разума, то есть научная мысль и научная работа проявляются как планетарное явление.

Одно из важнейших достижений человеческой цивилизации в XX веке состоит в том, что в этом столетии были созданы предпосылки становления в XXI веке Информационного общества. Одной из ключевых фигур в этом процессе является выдающийся отечественный ученый академик В.А. Котельников, который живет, говоря словами другого выдающегося отечественного ученого академика А.Н. Колмогорова, «всегда руководствуясь тезисом, что истина — благо, что наш долг — ее находить и отстаивать»,

Он не только выдвинул новые идеи, разработкой которых занялись многие ученые во всем мире, но и, как крупный организатор научных исследований создал два крупнейших отечественных научных центра — Отдельное конструкторское бюро в Московском энергетическом институте (ОКБ МЭИ) и Институт радиотехники и электроники АН СССР (ИРЭ). Эти научные центры в сотрудничестве с другими научными институтами нашей страны выполняли исследования и разработки, имеющие мировое значение.

Влияние В.А. Котельникова, непосредственное или косвенное, на развитие науки и техники гораздо глубже того, которое демонстрируют приведенные ниже примеры. Он является, по сути, полководцем большой армии отечественных ученых, штурмовавших в XX столетии важнейшие научные и технические проблемы, вставшие перед человечеством.

В данной статье прослежено влияние В.А. Котельникова и созданных им научных коллективов на исследования и разработки, которые были выполнены во второй половине XX века учеными одного из ведущих отечественных

исследовательских институтов — НИИРадио. Ученые НИИР активно работали над обобщением и развитием установленных В.А. Котельниковым основных результатов теории связи: теоремы отсчетов и теории потенциальной помехоустойчивости. Важное научное направление, связанное с разработкой техники засекречивания сообщений, передаваемых по каналам связи, также возникло в НИИР под влиянием идей В.А. Котельникова. Кроме того, НИИР участвовал в работах по созданию планетарного радиолокатора. Эти работы были поставлены в ИРЭ В.А. Котельниковым и проводились под его руководством. Еще одним важным направлением сотрудничества ИРЭ и НИИР являлись исследования механизмов тропосферного распространения радиоволн, выполненные в 60-х годах XX века под руководством одного из ближайших соратников В.А. Котельникова, академика Б.А. Введенского. В эти же годы специалисты основанного В.А. Котельниковым ОКБ МЭИ участвовали в разработках НИИР первых отечественных систем спутниковой связи и вещания («Орбита»–«Молния»). Учеными ИРЭ был внесен весомый вклад в идеологию разработки в НИИР оборудования отечественных радиорелейных линий (РРЛ) связи и в создание методов оптимального частотного планирования сетей звукового и телевизионного вещания.

Многомерное обобщение теоремы отсчетов

Одним из фундаментальных результатов теории связи является доказанная В.А. Котельниковым в 1933 году теорема отсчетов, согласно которой функция с ограниченным спектром может быть однозначно представлена своими значениями, взятыми через равные промежутки времени. Опубликованная в трудах конференции [1], эта теорема была через 15 лет вновь открыта К. Шенноном. Представление непрерывной функции своими отсчетами является важнейшей операцией над сообщением, которое должно быть передано по цифровым системам связи, которые в конце XX столетия пришли на смену аналоговым системам и приобрели, в силу своих огромных преимуществ, глобальный характер. Современное оборудование различного назначения (устройства связи, измерительная техника и т.п.), в котором осуществляется обработка и преобразование сигналов, в настоящее время является цифровым и содержит узлы, осуществляющие взятие отсчетов сигналов, поступающих на вход соответствующих устройств.

Обобщению этой важной теоремы были посвящены работы многих ученых, как в нашей стране, так и за рубежом. Ими исследовались важные вопросы представления функций с ограниченным спектром отсчетами, взятыми через неравные промежутки времени, отсчетами как самой функции, так и ее производных (в этом случае появляется возможность увеличить промежутки времени, через которые следует брать отсчеты функции) и т.д. В нашей стране подобные исследования были выполнены в конце 50-х годов прошлого столетия видными отечественными учеными профессорами Я.И. Хургиным, Б.С. Цыбаковым и В.И. Яковлевым [2].

Важные исследования, связанные с обобщением теоремы В.А. Котельникова на случай функции многих переменных (случай трех измерений особенно важен для телевидения), были выполнены в НИИР известным отечественным ученым профессором Н.К. Игнатьевым [3–5]. В данных работах содержался принципиально важный переход от ортогональных решеток дискретизации

к неортогональным (в двухмерном случае — к гексогональным). Использование неортогональных решеток дискретизации позволяет повысить ее эффективность в смысле снижения удельной плотности отсчетов в пространстве сигналов при сохранении ширины спектра многомерного сигнала. Отыскание оптимальной структуры многомерной дискретизации фактически может сводиться к отысканию плотнейших упаковок многомерных сфер. На интуитивном уровне гексогональная дискретизация (в вертикальной временной плоскости) всегда использовалась в телевидении в виде чересстрочной развертки. Более сложные варианты трехмерной неортогональной дискретизации нашли широкое применение в цифровом телевидении. Они описаны, в частности, в книге [6]. В настоящее время аппарат многомерной дискретизации стал общепринятым рабочим инструментом исследователей в области передачи многомерных сигналов.

Следует отметить, что в одной из работ [7] Н.К. Игнатъева впервые были исследованы искажения сигналов с неограниченным спектром, возникающие при их дискретизации. Он показал, что искажения эти могут быть уменьшены вдвое благодаря использованию соответствующей предварительной фильтрации. В настоящее время эта идея общеизвестна и она реализуется во всех системах, в которых осуществляется дискретизация сигналов.

Развитие теории потенциальной помехоустойчивости и разнесенного приема сигналов

В.А. Котельникову принадлежат пионерские работы, идеи которых развивались в последующие годы многими учеными. В нашей стране значительный вклад в этот раздел теории связи внесли профессора Л.М. Финк, Д.Д. Кловский, Н.П. Хворостенко и др. Эти идеи интенсивно развивались также и в НИИРадио применительно к проблемам передачи сообщений по многолучевым каналам. Полученные учеными НИИР результаты использовались при создании новых систем связи.

В 1936 году в работе «Количественная оценка различных методов борьбы с замиранием» [8] В.А. Котельников одним из первых применил теорию вероятностей для исследования эффективности систем разнесенного приема сигналов в многолучевом канале. Это научное направление в НИИР развивали В.С. Мельников [9] и Э.А. Хмельницкий. В своей кандидатской диссертации, защищенной в 1954 году, Э.А. Хмельницкий выполнил детальные исследования помехоустойчивости различных систем разнесенного приема сигналов (систем с автовыбором наиболее сильного сигнала, с оптимальным и линейным когерентным сложением разнесенных сигналов). Полученные результаты были им опубликованы в 1960 году в книге [10], которая стала одной из первых в мировой литературе книг, содержащих анализ различных систем разнесенного приема замирающих сигналов. В ней впервые было исследовано влияние корреляции замираний сигналов в ветвях разнесения на помехоустойчивость их приема.

Один из фундаментальных разделов современной теории связи основан на классической работе В.А. Котельникова «Теория потенциальной помехоустойчивости». Эта работа была представлена в декабре 1946 года в Ученый совет Московского энергетического института в виде докторской диссертации. Она была успешно защищена в январе 1947 года и принесла автору мировое признание. Теория потенциальной помехоустойчивости в виде книги [11] была опубликована только в 1956 году. Однако в виде рукописи она находилась в библиотеке

НИИР с момента его образования (с 1949 года), и сотрудники института имели возможность с ней знакомиться. Эта работа послужила исходным пунктом для исследований проблем потенциальной помехоустойчивости, выполненных В.С. Мельниковым и М.А. Быховским. В их работах были исследованы вопросы помехоустойчивости как традиционных узкополосных, так и широкополосных систем передачи цифровых сигналов по многолучевым каналам связи. В 50–60-е годы XX века в НИИР интенсивно велись разработки таких систем.

В.С. Мельников был крупным инженером-разработчиком аппаратуры радиосвязи. За создание в годы Великой Отечественной Войны радиооборудования для магистральной линии связи Москва–Иркутск ему в 1950 году была присуждена Государственная премия. Он был не только высококвалифицированным инженером, но и крупным ученым-теоретиком в области помехоустойчивости систем передачи цифровых (или, как тогда говорили, телеграфных) сигналов.

В цикле весьма интересных и глубоких работ, опубликованных после 1958 года, он существенно развил теорию потенциальной помехоустойчивости, созданную академиком В.А. Котельниковым, рассмотрев ряд весьма важных задач радиоприема сигналов в каналах связи с замираниями, обусловленными многолучевым характером распространения радиоволн. Эти работы в 1962 году были представлены им в 1962 году к защите в виде докторской диссертации «Вопросы теории помехоустойчивости телеграфных систем».

В работах В.С. Мельникова была определена потенциальная помехоустойчивость всех основных, используемых в те годы методов передачи сигналов с помощью амплитудной, фазовой и частотной манипуляции и двухканальной частотной телеграфии.

В.С. Мельниковым была выполнена одна из первых и немногих работ, в которых рассматривались вопросы приема сигналов в системе с обратной связью при прерывистой радиосвязи. В.С. Мельников показал, что введение прерывистой связи при рэлеевских замираниях позволяет весьма существенно повысить пропускную способность канала.

В.С. Мельников исследовал прием с предсказанием сигналов с фазовой и частотной манипуляцией. Им, в частности, было показано, что в системе передачи сигналов с ЧМ оптимальная система приема должна осуществлять отдельный прием сигналов нажатия и паузы, и за счет этого достигается эффект сдвоенного разнесенного приема, что существенно повышает помехоустойчивость приема таких сигналов. Подобный принцип был впоследствии использован при создании в НИИР отечественных систем ионосферного рассеяния [12]. Более подробно вклад В.С. Мельникова в теорию связи освещен в книге «Круги памяти», посвященной истории развития радиосвязи и вещания в XX столетии [13].

Теория разнесенного приема сигналов для каналов с дискретной многолучевостью, основанная на физической модели канала связи, была развита М.А. Быховским [14]. Эта модель позволяла определить зависимость помехоустойчивости от физических параметров лучей, проходящих в место приема (от их направления прихода, поляризации и относительного запаздывания), от величины разнеса между сигналами, разнесенными по частоте, и от параметров приемной антенной системы (расположения антенн на антенном поле и их поляризации). Было показано, что выбор кратности разнесенного приема большим, чем количество лучей, проходящих в место приема, не может повысить помехоустойчивость приема сигналов. Эти результаты давали основу для проектирования систем разнесенного приема.

Другим направлением работ М.А. Быховского было исследование помехоустойчивости системы «Рейк», предложенной американскими учеными в конце 50-х годов. В этой знаменитой системе высокая помехоустойчивость достигалась за счет разделения лучей. Для этого в ней применялись широкополосные сигналы с автокорреляционной функцией, имеющей достаточно низкий уровень боковых лепестков. Выполненные М.А. Быховским исследования помехоустойчивости приема системы «Рейк» позволили установить [15] ее зависимость от уровня боковых лепестков применяемых широкополосных сигналов при любом числе лучей, приходящих в место приема. Результаты этих исследований давали возможность обосновано выбирать для системы «Рейк» сигналы с предельно ограниченной шириной полосы занимаемых частот.

Накопление шумов и замираний в РРЛ

В 1954 году в ИРЭ организуется лаборатория радиорелейной связи и радиоприема и ее руководителем становится крупный отечественный ученый, член-корреспондент АН СССР В.И. Сифоров. В этой лаборатории разворачиваются теоретические исследования прикладных вопросов теории кодирования и проблем радиорелейной связи.

В 1955–1957 годах В.И. Сифоров становится директором НИИР и выполняет большую научно-производственную работу, направленную на создание первого поколения отечественных РРЛ, предназначенных для передачи сигналов многоканальной телефонии и телевидения. Им было выполнено исследование важной для проектирования РРЛ проблемы накопления в магистральных многоканальных РРЛ шумов и замираний [16].

В последующие годы в НИИР разрабатывалось современное оборудование РРЛ, на базе которого была создана национальная сеть отечественных РРЛ, покрывающая всю территорию нашей страны. Эти разработки велись под руководством видных отечественных ученых и инженеров — профессоров В.А. Смирнова и С.В. Бородича, к.т.н. В.П. Минашина, Н.Н. Каменского, А.В. Соколова и др. Для проектирования РРЛ С.В. Бородичем были выполнены фундаментальные исследования нелинейных искажений, возникающих при прохождении частотно-модулированных сигналов через тракты РРЛ. Под руководством А.И. Калинина была разработана методика расчета трасс РРЛ, которая использовалась во всех проектных организациях нашей страны.

Частотное планирование сетей звукового и телевизионного вещания

С ИРЭ связано еще одно важное направление работ НИИР — частотное планирование сетей вещания. Начало этим работам также было положено В.И. Сифоровым, который в середине 50-х годов совмещал работу в ИРЭ и в НИИР. Под руководством В.И. Сифорова в НИИР был разработан метод частотного планирования на основе регулярных сеток. Этот метод был использован для перспективного планирования сетей телевизионного и звукового радиовещания в диапазонах ОВЧ и УВЧ. Это, в частности, послужило солидной базой по подготовке к региональной международной конференции радиосвязи Стокгольм-61. На данной конференции в рамках общеевропейского плана был создан частотно-территориальный план для станций телевизионного вещания

на европейской части СССР, который лег в основу действующих ныне планов России и ряда других стран.

В НИИР велась как разработка национальных частотных планов с целью обеспечения развития службы ТВ и ЗВ вещания страны, так и разработка международных частотных планов с целью защиты частотных интересов как службы радиовещания, так и других служб страны.

Первые частотные присвоения для телевизионных передатчиков в крупных городах СССР были составлены известным российским специалистом, председателем 11-й Исследовательской комиссии Международного союза электросвязи (сектор радиосвязи), профессором М.И. Кривошеевым еще в начале 50-х годов. Впоследствии разработка Генеральной перспективы развития телевизионного и звукового радиовещания велась в НИИР под руководством д.т.н. И.С. Шлюгера, которому принадлежит ряд научно-технических статей по этой проблеме.

По проблеме частотного планирования сетей радиовещания специалисты НИИР опубликовали основополагающие научные работы. В 1956г. была опубликована статья профессора С.В. Новаковского и к.т.н. А.К. Кустарева [17], излагающая основы частотного планирования передающей сети. В 1960 году выходит в свет сборник [18], написанный сотрудниками НИИР Н.М. Санкиным и В.И. Труновым. В этом сборнике впервые в нашей стране систематизированы все необходимые для планирования сетей ТВ и ОВЧ ЧМ вещания исходные технические данные и приведены методологические рекомендации по построению практических частотных планов передающих сетей.

Разработка планетарного радиолокатора

В середине 1960 года в ИРЭ под руководством В.А. Котельникова были начаты комплексные исследования, в которых приняли участие специалисты ряда отечественных научных институтов, по подготовке к радиолокации Венеры. Предстояло создать сложный комплекс приемного и передающего оборудования, а также установки для обработки принятого сигнала, которые позволяли бы проводить необходимые измерения с невиданной до этого точностью. Для создания передающего устройства планетарного радиолокатора были привлечены специалисты НИИРадио. Разработкой передатчика руководил крупный отечественный специалист в области радиорелейной и спутниковой связи В.П. Минашин. В его лаборатории было создано мощное передающее устройство дециметровых волн, в состав которого входили несколько мощных передатчиков и устройство для сложения их мощностей. Это передающее устройство работало в режиме непрерывного излучения и в нем применялась линейная частотная модуляция. При этом частота излучаемого сигнала изменялась по пилообразному закону. Способ создания линейной, с прецизионной точностью, частотной модуляции, который использовался в разработанном передающем устройстве, предложил сам В.А. Котельников. Частота гетеродина приемника также изменялась по пилообразному закону с задержкой на время запаздывания отраженного сигнала. Измерение разности частот принимаемого сигнала и гетеродина с помощью многоканального анализатора спектра позволяло с высокой точностью измерить время запаздывания отраженного от планеты сигнала.

В 1964 году за создание мощного передатчика дециметровых волн и участие в работах по радиолокации планет солнечной системы В.П. Минашину в составе руководимого В.А. Котельниковым творческого коллектива была присуждена Ленинская премия.

Разработки спутниковых систем связи

Следует отметить влияние В.А. Котельникова на развитие систем спутниковой связи и вещания. Это проявилось в том, что созданное по его инициативе ОКБ МЭИ внесло существенный вклад в разработку отечественных систем спутниковой связи «Орбита»–«Молния».

Головной организацией, разрабатывавшей в 60-х годах XX века эти системы, позволившие решить весьма важные государственные задачи обеспечения связью и телевизионным вещанием малонаселенных районов Дальнего Востока и Сибири, являлся НИИР. Научное руководство этими работами в НИИР осуществлялось д.т.н. Талызиным и д.т.н. Л.Я. Кантором. Были проведены глубокие технико-экономические исследования, на основе которых были выбраны основные технические параметры этих систем, разработаны передающее оборудование и высокочувствительные приемные устройства.

Вклад специалистов ОКБ МЭИ в эти работы состоял в создании высокоэффективных антенных комплексов ТНА-57, которые отличались высокими техническими параметрами и хорошей технологичностью. Ими было разработано оригинальное облучающее устройство, которое обеспечивало эффективное использование поверхности зеркала антенны. Применение данного антенного комплекса позволило существенно снизить стоимость земных станций.

Разработка устройств секретной связи

Идеи В.А. Котельникова оказали существенное влияние на работы в области создания устройств секретной связи, которые были развернуты в НИИР после Великой Отечественной Войны. Сам В.А. Котельников стал заниматься этими проблемами еще в 1939 году, когда ему было поручено решение новой важной государственной задачи — создание шифратора для засекречивания речевых сигналов с повышенной стойкостью против их распознавания противником.

В.А. Котельниковым были предложены принципы построения телеграфной засекречивающей аппаратуры (ЗАС). Эти принципы были реализованы в аппаратуре «Москва». В этой аппаратуре впервые в СССР был предложен и реализован принцип засекречивания путем наложения на сообщения шифра. Предложенная В.А. Котельниковым схема наложения шифра на открытый текст оказалась очень привлекательной, и долгое время использовалась в аппаратуре ЗАС следующих поколений. Устройство формирования шифра, то, что теперь называют шифратором, было громоздким и сложным и было сконструировано на электромеханических узлах. В основе конструкции лежал барабан, заполненный шариками. При вращении барабана через систему штырей и щелей шарики случайным образом скатывались на две бумажные ленты по шести вертикальным трубкам и ударяли по красящей ленте, под которой продвигалась бумажная лента. Таким образом формировались две копии бумажной ленты с покрытием случайным набором пятен. Эти ленты образовывали ключ и рассылались на пункты установки аппаратуры. Считывание шифра с ключа производилось с помощью фотоэлектронных элементов. Разработанная аппаратура ЗАС была испытана на связи Москва–Комсомольск.

В те же предвоенные годы В.А. Котельниковым был разработан первый в СССР полосный вокодер с выделением основного тона речи. Работа была доведена до действующего макета, который был испытан и показал возможность использования этого принципа для сжатия речевого сигнала. В ходе

этой работы В.А. Котельниковым был также предложен и опробован принцип артикуляционного тестирования систем передачи речи. На базе этого вокодера В.А. Котельниковым были задуманы принципы засекречивания речевого сигнала. В начале войны эти работы были переданы в один из исследовательских институтов, где они велись под его руководством. Во время войны лаборатория В.А. Котельникова была переведена в Уфу, где в нее влились ряд специалистов из Ленинграда. В этом коллективе В.А. Котельников продолжил работы по созданию засекречивающей телефонной и телеграфной аппаратуры. В частности, под его руководством был разработан высококачественный шумовой генератор, положенный в основу шифрообразования.

В лаборатории В.А. Котельникова в Уфе работал тогда еще молодым специалистом крупный отечественный ученый и изобретатель д.т.н. Л.А. Коробков, возглавивший после войны в НИИР большой коллектив, который под его руководством занимался разработкой проблем секретной связи. В институте были разработаны методы засекречивания информации, передаваемой по многоканальным радиорелейным линиям связи. Эти методы развивали идеи В.А. Котельникова и были основаны на случайной перестановке отсчетов определенного временного отрезка группового сигнала многоканальной телефонии, передаваемого по РРЛ.

Коллективом специалистов, возглавляемым д.т.н. Л.А. Коробковым, а позже его учеником к.т.н. В.П. Кокошкиным, был разработан целый комплекс засекречивающей аппаратуры для многоканальных телефонных и телеграфных систем радиосвязи. Эти системы были широко внедрены на линиях связи СССР и продолжают работать на российских линиях связи.

Л.А. Коробков обладал широкой эрудицией и занимался не только проблемами ЗАС. Ему принадлежат десятки пионерских изобретений в области связи. В частности, он один из первых в мире предложил дельта-модуляцию — способ преобразования аналогового сигнала в цифровую форму, который сегодня широко применяется в цифровых системах связи.

Исследования в области распространения радиоволн

Исследования в области распространения радиоволн являются еще одним из направлений тесного сотрудничества ученых ИРЭ и НИИР, которое началось с самого основания ИРЭ. Сотрудники НИИР А.И. Калинин и В.Н. Троицкий регулярно принимали участие в семинарах по актуальным проблемам распространения радиоволн, проводившимися в ИРЭ под руководством академика Б.А. Введенского, учениками которого они всегда себя считали. Совместное обсуждение многих из этих проблем помогало решению в НИИР многих практических задач.

В шестидесятых годах НИИР участвовал в большой совместной работе по исследованию дальнего тропосферного распространения радиоволн (ДТР), проводившейся под руководством ИРЭ. Были исследованы характеристики сигналов при ДТР, зависимость их от расстояния, частоты, климатических и географических условий, а также выяснена природа явления ДТР и его связь со строением атмосферы.

Кроме того, были получены данные об искажениях спектра сигнала, влиянии направленности антенн и методах улучшения характеристик сигнала при использовании ДТР для различных радиосистем.

В исследованиях принимали участие многие видные ученые ИРЭ (Б.А. Введенский, А.Г. Аренберг, М.А. Колосов, Н.А. Арманд, А.В. Соколов и др.) и НИИР (И.А. Гусятинский, А.И. Калинин, А.С. Немировский, В.Н. Троицкий, А.А. Шур и др.). По материалам исследований была подготовлена совместная монография «Дальнее тропосферное распространение ультракоротких радиоволн» [19].

Все эти исследования являлись важнейшей основой для создания сети тропосферной связи и систем радиолокации в СССР, а также для решения проблем электромагнитной совместимости радиосредств, работающих в разных диапазонах радиоволн. В НИИР выполнен также большой цикл работ по исследованиям дифракционного распространения сантиметровых и дециметровых радиоволн и их рассеяния препятствиями, начало которым было положено в нашей стране исследованиями Б.А. Введенского. В работе принимал участие большой коллектив сотрудников НИИР под руководством В.Н. Троицкого. Эти исследования позволили создать ряд уникальных многоканальных линий радиосвязи протяженностью до 800 км без ретрансляции.

Совместно со специалистами ИРЭ в рамках программы «Интеркосмос» в НИИР проводились исследования распространения радиоволн на трассах Земля–Спутник. Благодаря запуску спутника «Луч» и созданию Международного центра спутниковой связи в Дубне были получены уникальные данные по распространению радиоволн на частотах от 10 до 30 ГГц. В этих работах принимал участие большой коллектив сотрудников НИИР, в частности, д.т.н. В.Л. Быков, д.т.н. А.И. Калинин, В.В. Святогор и др. От ИРЭ в работе принимал участие В.Н. Пожидаев.

Заключение

Один из крупнейших русских философов Николай Бердяев в одном из своих произведений писал: «Величайшая тайна жизни скрыта в том, что удовлетворение получает лишь дающий и жертвующий, а не требующий и поглощающий. И только в нем энергия жизни не иссякает. Творчество же и есть ее неиссякаемость. Поэтому положительная тайна жизни скрыта в любви, в любви жертвующей, дающей, творческой. И всякое творчество есть любовь, и всякая любовь есть творчество».

Академик В.А. Котельников — одна из ключевых фигур в науке XX столетия. Он, как выдающийся теоретик, установил основополагающие закономерности в области теории связи, как крупный инженер и конструктор, был создателем многих сложнейших радиосистем, которые использовались в народном хозяйстве или применялись в качестве высокоточных инструментов в фундаментальных астрономических исследованиях, как профессор высшей школы, он разработал новые учебные курсы и подготовил сотни высококвалифицированных инженеров.

Его неиссякаемая созидательная энергия, его научные идеи дали начало удивительному извержению потока новых научных разработок других ученых — его последователей. В их работах открытые им новые научные направления получили существенное развитие. Количество ученых, исследования которых были инициированы научными идеями В.А. Котельникова, весьма значительно. Эти идеи привлекали ученых не только вследствие того, что их развитие позволяло получать новые результаты, имеющие важное прикладное значение, но и тем, что А. Эйнштейн называл «музыкальностью мысли» или «внутренним совершенством» теории.

Тематика научных исследований многих институтов также была тесно связана с теми научными направлениями, развитию которых он положил начало в ОКБ МЭИ и ИРЭ. Одним из примеров влияния, которое В.А. Котельников оказал на развитие науки и техники в нашей стране, являются научные исследования и разработки, выполненные в одном из крупнейших исследовательских институтов нашей страны — НИИРадио.

Благодаря В.А. Котельникову, открывшему новые направления в науке, были созданы предпосылки для становления на Земле в XXI столетии Информационного общества, перед учеными открылись новые горизонты, а в мире прибавилось гармонии.

Литература

1. *Котельников В.А.* О пропускной способности эфира и проволоки в электросвязи: Материалы к I Всесоюзному съезду по вопросам технической реконструкции дела связи и развития слаботочной промышленности. Всесоюзный энергетический комитет. 1933.
 2. *Хургин Я.И., Яковлев В.П.* Методы теории целых функций в радиопереносе, теории связи и оптике. М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1962.
 3. *Игнатьев Н.К.* Дискретизация многомерных сообщений // Научные доклады высшей школы. Сер. Радиотехника и электроника. 1958. № 1.
 5. *Блох Э.Л., Игнатьев Н.К.* Оптимальная дискретизация многомерных сообщений // Научные доклады высшей школы. Сер. Радиотехника. 1961. № 6.
 6. *Игнатьев Н.К.* Дискретизация и ее приложения. М.: Связь, 1980.
 7. Цифровое кодирование телевизионных изображений / Под ред. И.И. Цукермана. М.: Радио и связь, 1981.
 8. *Котельников В.А.* Количественная оценка различных методов борьбы с замираниями // Науч.-технич. сб. Института связи. 1936. Вып. 11. С. 15–26.
 9. *Мельников В.С.* Сложение приемников при приеме на разнесенные антенны: Доклад на Всесоюзной конференции Научно-технического общества им. А.С. Попова. 1947.
 10. *Хмельницкий Э.А.* Разнесенный прием и оценка его эффективности. М.: Связьиздат, 1960.
 11. *Котельников В.А.* Теория потенциальной помехоустойчивости. М.: Госэнергоиздат, 1956.
 12. *Шумская Н.Н.* и др. Радиоприемные линии ионосферного рассеяния радиоволн. М.: Связь, 1973.
 13. *Быховский М.А.* Круги памяти (Очерк истории радиосвязи и вещания в XX столетии). М.: Информационно-технический центр «Мобильные коммуникации», 2001.
 14. *Быховский М.А.* Помехоустойчивость метода когерентного сложения сигналов в многолучевом сигнале при неполном разделении лучей // Проблемы передачи информации. 1969. Вып. 1.
 15. *Быховский М.А.* Анализ помехоустойчивости приема на основе модели КВ канала, учитывающей особенности распространения радиоволн. Ч. 1. Труды НИИР. № 1. Ч. 2. Труды НИИР. 1972. № 2.
 16. *Сифоров В.И.* Накопление шумов и замираний в магистральных радиорелейных линиях // Электросвязь. 1956. № 5.
 17. *Новаковский С.В., Кустарев А.К.* Основы частотного планирования передающей сети: Сб. Ретрансляция телевизионных передач. НИИР. 1956.
 18. *Санкин Н.М., Трунов В.И.* Принципы технического планирования передающих сетей телевизионного и УКВ вещания. М.: Связьиздат, 1960.
 19. *Арманд Н.А., Введенский Б.А.* и др. Дальнее тропосферное распространение ультракоротких радиоволн / Под ред. Б.А. Введенского, М.А. Колосова, А.И. Калинина, Я.С. Шифрина. М.: Советское радио, 1965.
- См. также: *Котельников В.А.* Собрание научных трудов. Т. 1, 2. М.: Фмзматлит, 2009.