



**ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

УДК 537.312.62

8-83-380

**ВАСИЛЬЕВ**  
Борис Васильевич

**ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ  
С ПОМОЩЬЮ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ  
КВАНТОВЫХ УСТРОЙСТВ**

Специальность 01.04.01 – экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой  
степени доктора физико-математических наук

Дубна 1983

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики  
Объединенного института ядерных исследований.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук,  
профессор

В.Б. БРАГИНСКИЙ

доктор физико-математических наук,  
старший научный сотрудник

Н.М. ПЛАКИДА

доктор физико-математических наук,  
профессор

В.В. ШМИДТ

Ведущая организация - Ордена Трудового Красного Знамени Институт  
радиотехники и электроники АН СССР, Москва.

Защита состоится " 5 " сентября 1984 г. в " 12 " <sup>30</sup> часов  
на заседании специализированного совета Д.047.01.05 при  
Лаборатории нейтронной физики и Лаборатории ядерных реакций  
Объединенного института ядерных исследований по адресу:  
141980, г. Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан " 2 " декабря 1983 г.

Ученый секретарь

специализированного совета

Ю.В. ТАРАН

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

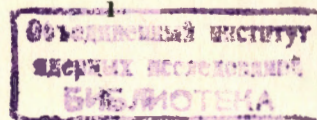
К сильному изменению облика многих областей физики привело в последние годы появление макроскопических квантовых приборов - лазеров, мазеров, квантовых стандартов частоты и других, среди которых существенное место занимают сверхпроводящие квантовые интерференционные устройства - сквиды. Прогресс интерферометрии с помощью сверхпроводящих квантовых устройств, с одной стороны, вызвал возникновение новых разделов физической электроники и радиофизики, а с другой стороны, в экспериментальной физике открыл возможность постановки многих опытов с немислимой прежде точностью.

Квантовые сверхпроводящие интерферометры (сокращенно КСИ) могут использоваться в качестве различных высокочувствительных магнитометров, веберметров, градиентометров, амперметров, вольтметров и других приборов. Интерферометрия с помощью сквидов относительно проста по методике, но существенно превосходит по своей чувствительности другие способы измерений электрических и магнитных величин, и на сегодняшний день интерферометрия с помощью сквидов находит все большее применение в фундаментальной и прикладной физике.

Предметом настоящего исследования явилось теоретическое и экспериментальное изучение физических процессов в сквидах, исследование основных свойств сквидов, определяющих сигнальные и шумовые характеристики КСИ, а также применение КСИ в опытах фундаментальной и прикладной физики.

В 1967-68 годах, к которым относится начало описанных исследований автора, основные черты явлений, происходящих в контактах Джозефсона, стали более или менее понятны, и появилась возможность выбора путей реализации интерферометрии на сквидах, однако физика процессов, происходящих в сквидах, их основные свойства были еще не изучены. Не было дано адекватного теоретического описания интерферометров на сквидах. Такое положение обусловило необходимость проведения описанного в диссертации цикла исследований по физике сквидов и разработку их новых конструктивных решений.

Особую актуальность и интерес этим исследованиям придавала возможность проведения с помощью КСИ экспериментов в области фундаментальной физики, таких, как проверка принципа эквивалентности и проверка гипотезы о нарушении СР-инвари-



антности, в физике твердого тела и прикладной физике. До сих пор нарушение CP-инвариантности обнаружено только в одном физическом явлении – распаде K-мезонов. Поиск явлений, запрещенных CP-инвариантностью, в других областях физики, в частности, поиск электрического дипольного момента электрона – одна из актуальных задач современной физики.

Другой важной и актуальной проблемой является экспериментальная проверка современной теории гравитации. Проведенные до сих пор гравитационные эксперименты не коснулись основного свойства гравитационного поля, предсказываемого теорией Эйнштейна, – его тензорности. Такие знаменитые эффекты, как красное смещение, отклонение луча света гравитационным полем (Солнца), прецессия перигелия Меркурия, запаздывание радарного эха, описываются диагональными членами метрического тензора. В связи с этим экспериментальная проверка принципа эквивалентности для взаимодействия, описываемого недиагональными членами метрического тензора, актуальна и стала возможна лишь в настоящее время благодаря использованию высокочувствительной техники – КСИ.

Актуальные по своей направленности прикладные исследования обнаруженного изменения намагниченности феррита в момент создания в нем радиационных дефектов, изучение экранирования магнитных полей сверхпроводящими оболочками и исследования по магнитокардиографии дали интересные результаты благодаря удачной технической реализации.

Ц е л ь н а с т о я щ е й р а б о т ы:

1. Теоретическое и экспериментальное исследование процессов в квантовых сверхпроводящих интерферометрах; разработка теоретических основ работы квантовых сверхпроводящих интерферометров и создание экспериментальных методик для получения интерферометров с удовлетворяющими требованиям эксперимента сигнальными и шумовыми характеристиками; изучение условий оптимизации работы квантового сверхпроводящего интерферометра.
2. Экспериментальные исследования по физике тяготения и физике элементарных частиц.
3. Применение КСИ для решения задач физики твердого тела и прикладных задач.

Среди результатов, полученных в диссертационной работе, н а у ч н у ю н о в и з н у представляют:

1. Впервые полученное экспериментальное доказательство существования оптимальных величин параметров системы сквид – контур.

2. Экспериментально обнаруженная и изученная прямоугольная форма сигнала сквида, объяснение ее происхождения и условий существования, а также впервые экспериментально зарегистрированные и объясненные частотная и фазовая зависимости сигнальной характеристики.
3. Конструктивные решения, примененные при разработке одноиндуктивных, двухиндуктивных градиентометрических, частично резистивных, многоиндуктивных и сквидов с малой индуктивностью, а также разработанный точный метод настройки сквидов и ресквидов.
4. Результаты эксперимента и методика раздельного измерения величины источников шумов КСИ.
5. Результаты измерений экранирования слабых внешних магнитных полей сверхпроводящими оболочками, впервые выполненных с помощью КСИ, обнаруженная аномальная зависимость коэффициента экранирования для стакана в продольном магнитном поле и объяснение ее возникновения.
6. Методика эксперимента и результат измерения границы существования электрического дипольного момента электрона, впервые полученный в макроскопическом опыте.
7. Методика постановки опыта и результат эксперимента по проверке принципа эквивалентности для гравитационных полей с пространственно-временными компонентами метрического тензора.
8. Обнаруженный эффект изменения намагниченности феррита в момент создания в нем радиационных дефектов.

Эти результаты являются основными и выносятся на защиту.

Из других результатов, представляющих научную и практическую ценность, следует отметить возможности измерения кардиограмм в незащищенной экранами лаборатории и результаты по исследованию фемтовольтметра постоянного тока и пиковольтметра переменного тока.

Диссертация состоит из введения, 4 глав основного текста, заключения и списка литературы (94 наименования). Объем диссертации 149 страниц, в том числе 26 рисунков.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первая глава называется "Радиочастотный квантовый сверхпроводящий интерферометр с одноконтakтным гистерезисным сквидом". В ее введении показано, что использование эффектов слабой сверхпроводимости позволяет реализовать уникальную по своей чувствительности интерферометрическую методику. Анализ работы квантовых сверхпроводящих интерферометров дает возможность сделать заключение, что в качестве датчиков вполне удовлетворительными парамет-

рами с точки зрения их применений обладают сквиды с точечными контактами, совмещающие высокую чувствительность и быстродействие с надежностью и удобством эксплуатации.

Во втором разделе первой главы рассмотрено разработанное гармоническое линейное приближение, которое адекватно описывает сигнальные характеристики радиочастотного гистерезисного сквида. При его использовании удается вычислить все основные сигнальные параметры системы сквид - колебательный контур и дать полное приближенное описание системы, позволяющее провести оптимизацию интерферометра.

В третьем разделе первой главы описано впервые проведенное экспериментальное исследование оптимальных параметров интерферометра, которое подтвердило результаты приближенного теоретического анализа и позволило достигнуть чувствительности реального интерферометра на уровне  $5 \cdot 10^{-5} \text{ ф. / Гц}^{1/2}$  при частоте накачки  $\sim 20 \text{ МГц}$ .

В четвертом разделе первой главы рассмотрены результаты проведенных впервые экспериментальных исследований частотного и фазового сигналов и прямоугольной формы амплитудного сигнала, которые вполне удовлетворительно описываются в рамках развитого гармонического линейного приближения.

В пятом разделе первой главы описаны исследования по ресквидам. Разработка практически удобной их конструкции позволила создать фемтовольтметр с линейной шкалой, который может быть использован в качестве преобразователя напряжение - частота в диапазоне до  $10^{-14} \text{ В}$ , а также как смеситель радиочастотных сигналов сверхвысокой чувствительности. Описана обнаруженная и исследованная важная с метрологической точки зрения особенность влияния накачки на работу ресквида.

Во второй главе, которая называется "Некоторые вопросы методики сквидов", проведен анализ применения сквидов в различных экспериментах, который показывает, что нецелесообразно вести все измерения с одним типом сквида, так как обычно есть возможность использовать сквид такой топологии и конструкции, который наиболее удобен в каждом конкретном случае. Показано, что изобретенные автором одноиндуктивный, многоиндуктивный, фольговый сквид и сквиды на базе изобретенного автономного контакта обладают вполне удовлетворительными параметрами как с точки зрения чувствительности, так и с точки зрения их эксплуатационных качеств, и находят применение в решении различных задач.

Во втором разделе второй главы детально описано приготовление джозефсоновского контакта - самая тонкая и сложная операция при изготовлении сквида. Впервые проведенное детальное исследование режимов окисления контакта позволило определить наилучший метод создания окисной пленки на ниобиевом контакте и разработать методику его точной юстировки. Разработанный метод настройки сквида, базирующийся на изменении его индуктивности при использовании ферритовых сердечников, значительно упростил процесс настройки и сделал эту операцию, для оптимально окисленного контакта, рутинной.

В этой же главе обсуждается вопрос осуществления накачки в интерферометр. В большинстве случаев накачка сквида осуществляется внешним генератором. Это позволяет упростить схему интерферометра, но ведет к дополнительным нестабильностям, особенно при длительных экспериментах. Показано, что разработанная схема автогенератора позволяет избежать этого недостатка и создать удобный в эксплуатации интерферометр.

В третьем разделе второй главы показано, что традиционный способ измерения полного шума интерферометра мал информативен, так как не дает возможности определить главный источник шума. Описан разработанный метод раздельного измерения шумов, который позволяет отделить шумы сквида и других магнитных источников от шумов усилителя и тем самым получить важную информацию о работе интерферометра, а также проверить наличие избыточных шумов от вибраций и наводок, если такие имеются.

В третьей главе рассмотрены применения квантовых сверхпроводящих интерферометров в задачах фундаментальной физики.

В первом разделе третьей главы дан анализ экспериментов по проверке принципа эквивалентности, который показывает, что этот принцип справедлив для статического гравитационного поля, но не проверено, выполняется ли он для стационарного гравитационного поля вращающихся гравитирующих объектов. Показано, что гравитационное поле с ненулевыми недиагональными компонентами метрического тензора приведет к изменению электромагнитных явлений и возникновению магнитной индукции в объеме, содержащем электрическое поле, чего нет в плоском пространстве в отсутствие гравитационного поля вращающихся тел.

Показано также, что галактическое движение могло бы привести к экспериментально измеримому эффекту, если бы принцип эквивалентности для недиагональных компонент гравитационного поля был нарушен.

В этой главе дано детальное описание впервые проведенного эксперимента, показавшего, что в земных условиях с точностью порядка  $10^{-3}$  воздействие гравитационных полей вращающихся масс на электромагнетизм, обусловленное ОТО, отсутствует, в соответствии с принципом эквивалентности, и, с другой стороны, что с той же точностью движение Земли в галактическом поле обусловлено чисто гравитационными силами.

Во втором разделе третьей главы дан анализ серии экспериментов по проверке принципа относительности тиша опыта Трoutона - Nobla, который показывает, что справедливость этого принципа доказана с точностью порядка  $10^{-5}$ . Применение высокочувствительного сверхпроводящего квантового интерферометра позволило экспериментально доказать его справедливость с точностью порядка  $10^{-9}$ , чему, однако, вряд ли имеет смысл придавать большее значение, чем демонстрации возможностей современной техники, так как возникновение ненулевого эффекта в этом опыте могло произойти лишь при условии нарушения максвелловской электродинамики, которая хорошо проверена массой других экспериментов.

В третьем разделе третьей главы показано, что проверка нарушения CP-инвариантности — одна из важнейших задач современной физики, в связи с чем эксперимент по поиску электрического дипольного момента электрона является актуальным и фундаментальным. После анализа результатов измерения ЭДМ электрона в экспериментах по рассеянию электронов и отклонению атомных пучков доказывающегося целесообразность измерений ЭДМ электрона в макроскопическом опыте.

Детально описывается эксперимент по измерению ЭДМ электрона, в котором была достигнута чувствительность примерно  $3 \cdot 10^{-11}$  Э и ошибка измерения дипольного электрического момента иона  $Fe^{3+}$  составляла абсолютно наименьшую величину порядка  $10^{-23}$  е·см. Хотя в целом результат пересчитываемого ЭДМ электрона получился хуже, чем в опытах по отклонению пучков атомов цезия, важное значение имеет тот факт, что новая оценка получена независимым способом и основывается на выводе об отсутствии ЭДМ атома, полученном с более высокой точностью.

В четвертой главе описаны применения квантового сверхпроводящего интерферометра в задачах прикладной физики.

В первом ее разделе описан разработанный магнитокардиограф, который является первым прибором такого рода в СССР. Измерение магнитной активности сердца является новым методом изучения его

работы и стало возможным благодаря разработке высокочувствительных квантовых интерферометров. Этот метод дает существенно более богатую информацию о работе сердца, чем традиционный электрический, и получил значительное распространение за рубежом. Описанный магнитокардиограф имеет существенные конструктивные отличия от моделей, приведенных в зарубежной литературе, так как регистрирует сигнал без использования сложных входных антенн прямо сквидом с большой базой, который не имеет аналогов в других лабораториях. Полученные магнитокардиограммы вполне удовлетворительного качества удалось записывать прямо в "открытой" лаборатории без применения дорогостоящей системы магнитных экранов, что весьма важно для практической медицины.

Во втором разделе четвертой главы показано, что традиционный способ изучения воздействия нейтронов на материалы состоит из продолжительного облучения образцов нейтронным потоком, доходящим обычно до величины хотя бы порядка  $10^{-4}$  нейтронов на атом образца, и последующего измерения изменения свойств образца. Использование высокочувствительного квантового интерферометра позволяет решить задачу измерения воздействия нейтронов непосредственно в момент их взаимодействия с образцом при дозе порядка  $10^{-15}$  нейтронов на атом образца.

Этот эффект был зарегистрирован впервые при воздействии нейтронов, создаваемых импульсным реактором ИБР-30, на образце литиевого феррита. Было наблюдено изменение остаточной индукции феррита как в момент воздействия быстрых нейтронов, так и в момент воздействия медленных нейтронов через ( $n, \alpha$ )-реакцию. Простая модель, исходящая из пропорциональности числа радиационных дефектов энерговыделению создающего их процесса, удовлетворительно описывает результаты эксперимента. По-видимому, этот метод может играть существенную роль при изучении радиационных дефектов.

В третьем разделе четвертой главы описаны эксперименты по исследованию экранирования магнитных полей сверхпроводящими оболочками — важного с экспериментальной точки зрения явления. В этих экспериментах была обнаружена немонотонность зависимости внутреннего поля от глубины экрана. Причина явления заключается в том, что нормальная и продольная по отношению к оси экрана компоненты внешнего поля ослабляются экраном по-разному. Детальные исследования этого явления подтвердили правильность расчетных оценок и позволили в результате сконструировать магнитные экраны, ослабляющие внешние помехи в  $10^8$  раз и выше.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе проведены теоретические и экспериментальные исследования по интерферометрии с высокочувствительными квантовыми сверхпроводящими устройствами.

Проведенные исследования охватывают широкий круг вопросов, связанных с разработкой теоретических и экспериментальных основ интерферометрии с квантовыми сверхпроводящими устройствами, созданием интерферометра, изучением его характеристик, а также применением интерферометрии в различных областях науки.

Основные результаты исследований могут быть сформулированы следующим образом:

1. Впервые в СССР разработан радиочастотный сверхпроводящий квантовый интерферометр. Изучены основные принципы его работы. Впервые экспериментально проведена оптимизация параметров КСИ и получена чувствительность, близкая к термодинамическому пределу.

Развит метод приближенного расчета сигнальных характеристик квантового сверхпроводящего интерферометра, позволяющий относительно просто получить полное описание режимов его работы.

Обнаружены и детально исследованы частотный и фазовый сигналы интерферометра, а также прямоугольная форма амплитудного сигнала.

2. Впервые в СССР разработана конструкция резистивного сквида, на базе которого построены фемтовольтметр и высокочувствительный смеситель для радиосигналов. Обнаружена и исследована важная с метрологической точки зрения особенность работы ресквида.

Изобретены три новые конструкции сквидов и автономный джозефсоновский контакт, успешно применяемые в экспериментах.

Разработана новая точная методика настройки сквидов, позволяющая относительно просто получать сквиды с требуемым параметром гистерезиса.

Разработана электронная схема интерферометра, базирующаяся на усилителе - автогенераторе, позволяющая сочетать хорошую чувствительность, быстродействие, стабильность с относительной простотой эксплуатации.

Разработан новый метод разделения источников шумов в квантовом сверхпроводящем интерферометре, позволяющий получить ответ о главном источнике шумов.

3. Впервые проверен принцип эквивалентности для гравитационного поля, имеющего ненулевые недиагональные компоненты метрического тензора. Показано, что в земных условиях принцип эквивалент-

ности для такого гравитационного поля выполняется с точностью не хуже  $10^{-3}$ .

4. Измерен верхний предел величины ЭДМ иона  $Fe^{3+}$  с чувствительностью, превышающей все более ранние эксперименты, и независимым способом найдена оценка верхней границы ЭДМ электрона, но с точностью, уступающей достигнутой в опыте с атомными пучками.

5. Обнаружено непосредственное воздействие нейтронного потока на остаточную индукцию ферромагнетика, позволяющее исследовать процесс радиационного действия нейтронов на вещество.

6. На основе квантового сверхпроводящего интерферометра впервые в СССР разработан магнитокардиограф. С его помощью получены магнитокардиограммы удовлетворительного качества в "открытой" лаборатории.

7. Изучено экранирование магнитных полей сверхпроводящими оболочками. С помощью квантового сверхпроводящего интерферометра исследована зависимость коэффициента экранирования вдоль оси длинного цилиндра с дном, помещенного в однородное внешнее магнитное поле. Разработана методика изготовления сверхпроводящих экранов с коэффициентом экранирования до  $10^8$  и выше.

Основные материалы диссертации докладывались на XVII, XVIII, XX, XXI Всесоюзных совещаниях по физике низких температур (Донецк, 1972 г., Киев, 1974 г., Москва, 1979 г., Харьков, 1980 г.); на Международной конференции по прикладной сверхпроводимости (США, 1974 г.); на 5, 6, 7, 8 и 9 Всесоюзных семинарах "Применение эффекта Джозефсона в науке и технике" (Киев, 1978, 1979, 1980, 1981, 1982 г.г.); на XX конференции стран - членов СЭВ по физике низких температур (Вроцлав, ПНР, 1982 г.); на 4 Международном семинаре по биомагнетизму (Италия, 1982 г.); зарегистрированы в четырех изобретениях, а также опубликованы в следующих работах:

1. Васильев Б.В., Симкин В.Г. Сверхпроводящий датчик магнитного потока. - Дубна, 1971. - 8 с. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: I3-5894).
2. Васильев Б.В., Симкин В.Г. О вольт-амперной характеристике точечного туннельного перехода сверхпроводник - нормальный металл - сверхпроводник. - Дубна, 1973. - 6 с. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: P 8-6915).
3. Васильев Б.В., Симкин В.Г. Низкочастотный колебательный контур со сверхпроводящей индуктивностью. - Дубна, 1973. - 6 с. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: P I3-6914).

4. Васильев Б.В. и др. Чувствительный сверхпроводящий квантовый магнитометр. - Дубна, 1973. - 10 с. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: Р 13-6942).
5. Васильев Б.В., Иваненко А.И., Трофимов В.Н. О выборе оптимальных параметров сверхпроводящего квантового магнитометра. - Дубна, 1973. - 18 с. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: Р 13-7429); Радиотехника и электроника, 1975, т. XX, № 6, с. 1255-1263.
6. Васильев Б.В., Данилов В.В., Лихарев К.К. Некоторые вопросы оптимизации сверхпроводящих квантовых интерферометров. - Дубна, 1974. - 24 с. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: Р 13-8233).
7. Васильев Б.В., Данилов В.В., Лихарев К.К. О форме сигнала сверхпроводящего квантового интерферометра в гистерезисном режиме. - ЖТФ, 1976, т. 46, в. II, с. 2409-2414.
8. Васильев Б.В. К эксперименту Трoutона - Нобла. - Дубна, 1976. - 18 с. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: Р 8-9902).
9. Васильев Б.В. Об экспериментальной проверке принципа эквивалентности. - Дубна, 1976. - 22 с. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: Р 8-9905).
10. Васильев Б.В., Данилов В.В., Сермягин А.В. О фазовой зависимости сигнала квантового интерферометра. - Дубна, 1976. - 10 с. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: Р 13-10171).
11. Васильев Б.В., Колычева Е.В. Измерение электрического дипольного момента электрона с помощью квантового интерферометра. - ЖЭТФ, 1978, т. 74, в. 2, с. 466-471.
12. Васильев Б.В. и др. Цифровой синхронный детектор для квантового сверхпроводящего интерферометра. - Дубна, 1977. - 7 с. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: Р 13-10949).
13. Васильев Б.В., Кривой Г.С. Применение эффекта Джозефсона для преобразования в частоту сверхмалых напряжений. Физические основы метода. - В сб.: Вопросы атомной науки и техники, серия: общая и ядерная физика. Харьков, 1979, в. 3/9/, с. 62-69.
14. Васильев Б.В., Кривой Г.С. Применение эффекта Джозефсона для преобразования в частоту сверхмалых напряжений. Метрологические характеристики и эксперимент. - В сб.: Вопросы атомной науки и техники, серия: общая и ядерная физика. Харьков, 1979, в. 3/9/, с. 70-78.
15. Васильев Б.В., Кривой Г.С. Смещение низкочастотных сигналов на резистивном скивде. - В сб.: Вопросы атомной науки и техники, серия: общая и ядерная физика. Харьков, 1979, в. 3/9/, с. 79-84.
16. Васильев Б.В. и др. Экранирование слабых магнитных полей сверхпроводящими оболочками. - ЖТФ, 1978, т. 48, в. 9, с. 1934-1940.
17. Васильев Б.В., Горделий В.И. Измерение шумовых параметров сверхпроводящего квантового интерферометра. - Дубна, 1977. - 16 с. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: Р 13-11048).
18. Васильев Б.В., Колычева Е.В. Об экспериментальной проверке принципа эквивалентности. - ЖЭТФ, 1978, т. 75, в. I, с. 9-16.
19. Васильев Б.В. и др. Высокочувствительные скивды. - Дубна, 1978. - 8 с. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: Р 13-11253).
20. Васильев Б.В., Лачинов В.М. Квантовый сверхпроводящий интерферометр. - Дубна, 1978. - 18 с. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: Р 13-11691).
21. Васильев Б.В. и др. Настройка скивдов при комнатной температуре. - Дубна, 1978. - 18 с. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: Р 13-11342).
22. Васильев Б.В., Колычева Е.В. Магнитокардиограф. - Медицинская техника, 1980, № 2, с. 37-39.
23. Бобраков В.Ф., Васильев Б.В. Автогенератор для скивда. - Дубна, 1980. - 3 с. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: Р 13-80-566).
24. Васильев Б.В. Сигнальные характеристики радиочастотного гистерезисного скивда. - ЖТФ, 1980, т. 51, в. 9, с. 1946-1952.
25. Бобраков В.Ф., Васильев Б.В. Частотный сигнал гистерезисного радиочастотного скивда. - Дубна, 1981. - 6 с. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: Р 13-81-66).
26. Васильев Б.В., Кривой Г.С. Влияние режима высокочастотной накачки на частоту джозефсоновской генерации в рескивде. - ЖТФ, 1982, т. 52, в. 2, с. 345-351.
27. Васильева Э.В., Васильев Б.В., Назаров В.М., Чан Хань Май. Наблюдение непосредственного воздействия нейтронов на остаточную намагниченность феррита. - Дубна, 1981. - 5 с. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: Р 13-81-843).

Рукопись поступила в издательский отдел  
7 июня 1983 года.