

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

И 43
УДК 530.145

2-88-125

ИЛИЕВА

Невена Петрова

**КВАНТОВЫЕ ЭФФЕКТЫ
В ДВУМЕРНЫХ КАЛИБРОВОЧНЫХ ТЕОРИЯХ**

**Специальность: 01.04.02 - теоретическая
и математическая физика**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук**

Дубна 1988

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики
Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель:
доктор физико-математических наук В.Н.Первушин

Официальные оппоненты:
доктор физико-математических наук И.Я.Арефьева
кандидат физико-математических наук В.И.Ткач

Ведущее научно-исследовательское учреждение: Ленинградский
государственный университет им. А.А.Жданова (Ленинград)

Автореферат разослан 11 марта 1988 г.
Защита диссертации состоится 13 апреля 1988 г.
на заседании Специализированного совета К 047.01.01
Лаборатории теоретической физики Объединенного института
ядерных исследований, Дубна Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Объединенного института ядерных исследований.

Ученый секретарь Совета
кандидат физико-математических наук

А.Е.Дорохов
А.Е.Дорохов

Актуальность тем. Двумерное пространство-время предлагает хорошую возможность для апробирования, понимания и развития математических методов и физических представлений в квантовой теории поля. Существование в нем точно решаемых моделей представляет значительный систематический интерес для оценки обоснованности общих методов теории поля и вместе с обзорностью вычислений заметно расширяет круг проблем, атакуемых с позиций двумерия. Изучение двумерных моделей породило немало интересных идей, которые успешно применяются в более реалистических четырехмерных теориях.

Так, разнообразные \mathcal{E} -модели с $O(N)$ -и $SU(N)$ -киральными фермионами широко использовались при отработывании квазиклассических методов квантовой теории поля для вычисления спектров связанных состояний и их формфакторов. Модель Тирринга послужила основой для исследования проблемы фермионного конфинемента в явно кирально-инвариантных теориях. На примере двумерной модели Хиггса пытались выяснить физический смысл нетривиальной топологической структуры вакуума и связанных с ней инстантонов. Вполне естественен интерес к механизму спонтанного нарушения симметрии в двумерии, потому что двумерные голдстоуновские бозоны во многом похожи на четырехмерные калибровочные бозоны.

Среди всевозможных двумерных полевых моделей особое место, несмотря на свою простоту, занимает модель Швингера как типичная калибровочная теория. В ней реализуется механизм генерирования массы для бозонов, отличный от механизма Хиггса. Заряд экранируется, и это породило представление о конфинменте на основе линейного роста потенциала. В рамках этой модели возникли понятие Θ -вакуума и идея объяснения нарушения киральной симметрии в калибровочных теориях с безмассовыми фермионами локальными флуктуациями топологического заряда.

В последнее время в связи с интенсивным развитием теории струны возрос интерес к конформно-инвариантным двумерным моделям. Было достигнуто серьезное продвижение в исследовании теории представлений бесконечномерных алгебр Ли - алгебр Вирасоро и Каца - Муди. В контексте теории струны возросло значение дальнейшего изучения нелинейной \mathcal{E} -модели. Эти два последних аспекта прослеживаются в нелинейной \mathcal{E} -модели с весс-зуминовским членом в действии.

Двумерные модели привлекают внимание и при исследовании аномальных теорий. Как известно, в процессе квантования некоторые из

классических симметрий теории могут нарушаться. Эта проблема затрагивает киральную симметрию безмассовых (вейлевских) фермионов в пространствах четной размерности, их гравитационную симметрию в пространствах размерности $4k+2$, $k = 0, 1, 2, \dots$, конформную симметрию. Несмотря на заметные упрощения в двумерии уже присутствуют основные структуры для аномалий в пространствах более высокой размерности.

Поэтому обращение к полевым моделям в двумерном пространстве-времени для обоснования в рамках гамильтонова формализма квантования калибровочных теорий на явных решениях уравнений связи в терминах нелокальных полей представляется актуальным.

Цель работы состоит в исследовании квантовых эффектов в двумерных калибровочных теориях при помощи гамильтонова квантования в терминах нелокальных калибровочно-инвариантных функционалов от исходных полей на явных решениях уравнений связи.

Научная новизна и практическая ценность работы. Гамильтоново квантование на явных решениях уравнений связи, основные принципы которого сформулированы в диссертации, позволяет выявить истинные причины ряда известных феноменов, обнаружить и осмыслить новые.

В частности, удалось глубже понять роль моря Дирака в двумерных моделях. Оно не только порождает швингеровский член в коммутаторе фермионных токов, но в присутствии взаимодействия его поляризация калибровочным полем является физической причиной нарушения киральной симметрии. Понимание этого факта существенно для анализа происхождения

θ -вакуума в двумерной безмассовой КЭД. Используемый подход позволил отделить вырождение вакуума от аксиальной аномалии. В отличие от последней, структура вакуума непосредственно связана с глобальными свойствами бозонного сектора теории: с топологией конфигурационного пространства калибровочного поля. В случае нетривиальной топологии обнаруживается остаточная "продольная" вакуумная динамика, соответствующая постоянным вакуумным электрическим полям без источников, что можно интерпретировать как полевой аналог эффекта Джозефсона. Для описания этой динамики введена новая пара динамических переменных - топологические координата и импульс. Тогда физический вакуум модели Швингера определяется как когерентное состояние наблюдаемых полей. Топологическое вырождение затрагивает не только структуру состояний и физические поля, но и фазы источников заряженных объектов. Обнаруженную деструктивную интерференцию этих фаз можно рассматривать как топологический механизм конфайнмента. Представляет интерес исследование его аналогов в реалистических четырехмерных моделях.

Гамильтоново квантование с явным решением уравнений связи позволяет продвинуться в изучении аномальных теорий. Для двумерных моделей с вейлевскими фермионами удалось не только обосновать преимущество конусных координат, но и построить однозначно определенную унитарную релятивистски-инвариантную квантовую теорию.

Для защиты выдвигаются следующие основные результаты, полученные в диссертации:

1. На примере теории свободных фермионов и модели Швингера показано, что причиной возникновения аномального члена в коммутаторе токов является доопределение фоковского пространства квантовой теории заполнением моря Дирака.

2. Показано, что свойства глобальной симметрии классической и квантовой теории зависят от структуры их основного состояния. Так, вакуум с заполненным морем Дирака несовместим с киральной симметрией безмассовых фермионов, взаимодействующих с калибровочным полем, поскольку калибровочное поле индуцирует проявление швингеровского члена в коммутаторе токов в виде аксиальной аномалии. Поэтому восстановление киральной инвариантности квантованного лагранжиана модели Швингера необосновано и не может служить причиной введения θ -вакуума.

3. Показано, что нетривиальная топология конфигурационного пространства свободного абелева калибровочного поля эффективно порождает новую динамическую переменную со спектром значений $2\pi k + \theta$ (k - целое число). Эту остаточную "продольную" вакуумную динамику можно интерпретировать как полевой аналог эффекта Джозефсона.

4. В модели Швингера исследовано взаимодействие фермионного поля с топологической переменной и построен физический вакуум как когерентное состояние наблюдаемых полей. Получены значения кварковых конденсатов, зависящие от углового параметра θ . Исследованы свойства корреляторов токов в этом вакууме.

5. Обсуждается вырождение фаз источников "цветных" полей в случае нетривиальной топологии в двумерной КЭД. Обнаруженная интерференция этих фаз приводит к нулевой вероятности рождения "цветных" частиц, что можно рассматривать как топологический механизм конфайнмента, имеющий место в этой модели. Сформулирован соответствующий топологический критерий.

6. Получен однозначно определенный массовый спектр при квантовании двумерной электродинамики с вейлевскими фермионами и киральной модели Швингера при сохранении унитарности и релятивистской ковариантности теории.

Апробация работы. Основные результаты диссертации неоднократно обсуждались на семинарах Лаборатории теоретической физики ОИЯИ, на семинарах по теории поля в МИ им. В.А.Стеклова АН СССР, ИЯИ АН СССР, на семинарах по теоретической физике ХГУ, ЛГУ и Университета им. К.Маркса (Лейпциг), на семинаре секции по теории элементарных частиц ИЯИЭ БАН (София). Работы, послужившие основой диссертации, докладывались на УП и УШ Международных совещаниях по проблемам квантовой теории поля (Алушта, 1984 и Алушта, 1987), на УП и УШ Международных семинарах по проблемам физики высоких энергий (Дубна, 1984 и Дубна, 1986), на УП Международном семинаре по проблемам теории поля и физики высоких энергий (Протвино, 1984), на УП Варшавском симпозиуме по физике элементарных частиц (Казимирж, 1984), на советско-американском рабочем совещании (Ереван, 1983).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 7 работ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и трех приложений. Она содержит 99 страниц машинописного текста и 2 рисунка, расположенных внутри текста. Библиографический список содержит 95 ссылок и включает 117 названий.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении перечислены особенности двумерных релятивистских полевых моделей. Делается краткий обзор проблем, в решении которых эти модели оказались плодотворными. Подчеркнуто особое место, которое занимает в этом плане модель Швингера. Охарактеризовано современное состояние исследований двумерных моделей в контексте теории струны и при изучении теорий с аномалиями. Обоснован выбор гамильтонова формализма для исследования квантовых эффектов в двумерных калибровочных теориях, которое является целью диссертации.

Первая глава посвящена гамильтонову квантованию калибровочных теорий. Рассмотрены метод Дирака и релятивистски-ковариантное операторное квантование в радиационной калибровке. Последнее опирается на постулативном использовании указанной калибровки и калибровочно-инвариантного тензора энергии-импульса (тензора Белинфанте). При этом возникают нестандартные релятивистские преобразования для квантованных независимых переменных $A_i^T(x)$, $i=1,2,3$:

$$\delta_i A_i^T(x) = \delta_i^0 A_i^T(x) + \partial_i \Lambda(x), \quad (I)$$

$$\Lambda(x) = \varepsilon_k \frac{1}{\partial^2} \partial_0 A_k^T(x),$$

где δ_i^0 — это обычное преобразование Лоренца полей $A_\mu^T = (0, A_i^T)$. Функция $\Lambda(x)$ описывает изменение калибровки полевых операторов, которое и обеспечивает их поперечность относительно любой релятивистской системы отсчета $\ell'_\mu = \ell_\mu^0 + \delta_i^0 \ell_\mu^0$, $\ell_\mu^0 = (1, 0, 0, 0)$. Таким образом, релятивистские преобразования, поворачивающие вектор времени ℓ_μ^0 , меняют одновременно и калибровку полей, т.е. калибровка квантованных полей в этой схеме как бы следит за поворотами оси времени. В первой главе диссертации показано, что такие постулаты и неординарные преобразования Лоренца (I) не только можно обосновать, но и последовательно вывести при гамильтоновом квантовании калибровочных теорий в терминах нелокальных полей на явных решениях уравнений связи. Эти нелокальные поля определяются при помощи функционала $\mathcal{V}(A)$

$$A_i^T(A) = \mathcal{V}(A) \left(A_i + \frac{i}{e} \partial_i \right) \mathcal{V}^{-1}(A), \quad (2)$$

который строится на основе явного решения уравнения связи

$$\frac{\delta S}{\delta A_0} = 0 \Rightarrow \partial_i^2 A_0 = \partial_i \partial_0 A_i + e j_0 \quad (3)$$

и имеет вид

$$\mathcal{V}(A) = \exp \left\{ i e \int_{-\infty}^{x_0} dx_0' \frac{1}{\partial^2} \partial_i \partial_0 A_i \right\}.$$

Поля (2) удовлетворяют тождественно условию поперечности

$$\partial_i A_i^T(A) \equiv 0$$

и инвариантны относительно калибровочных преобразований исходных полей $A_\mu(x)$

$$A_i^{T,g}(A) = \mathcal{V}^g \left(A_i^g + \frac{i}{e} \partial_i \right) (\mathcal{V}^g)^{-1} \equiv A_i^T(A),$$

поскольку при этом функционал $\mathcal{V}(A)$ преобразуется как

$$\mathcal{V}^g(A) \equiv \mathcal{V}(A^g) = \mathcal{V}(A) g^{-1}.$$

Классические релятивистские преобразования нелокальных полей совпадают с операторными преобразованиями (I).

Отмечается, что на решениях уравнения (3) все калибровочно-инвариантные величины выражаются только через переменные (2), что объясняет выделенную роль тензора Белинфанте.

Процедура, состоящая в явном решении уравнения Гаусса и

последующем квантовании теории в терминах нелокальных полей типа (2), названа минимальным квантованием калибровочных теорий.

Во второй главе минимальное квантование применено к двумерной безмассовой электродинамике - модели Швингера:

$$\mathcal{L}(x) = -\frac{1}{4} F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + i \bar{\Psi} \gamma^\mu (\partial_\mu - ie A_\mu) \Psi, \quad (4)$$

$$F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu, \quad \mu, \nu = 0, 1;$$

$$g_{00} = -g_{11} = 1.$$

Это позволило проанализировать связь глобальной симметрии и структуры вакуума квантовой теории, выяснить роль моря Дирака в возникновении киральной аномалии. Показано, как доопределение фоковского пространства вторично квантованной теории свободных фермионов приводит к появлению швингеровского члена в коммутаторе токов

$$[j_{50}(x), j_{51}(y)] = \frac{1}{\pi i} \frac{\partial}{\partial y} \delta(x-y). \quad (5)$$

В модели Швингера кулоновское взаимодействие между токами

$$\mathcal{L}(x) = i \bar{\Psi} \gamma^\mu \partial_\mu \Psi + \frac{e^2}{2} j_0 \frac{1}{\partial_1^2} j_0,$$

$$\Psi^T(A, \Psi) = \mathcal{V}(A) \Psi,$$

приводит к проявлению этого аномального члена в виде известной аксиальной аномалии:

$$\partial^\mu j_{5\mu}(x) = -m^2 \partial_1^{-1} j_{51}(x), \quad m^2 = \frac{e^2}{\pi}.$$

С такой точки зрения нарушение киральной симметрии исходного лагранжиана (4) есть следствие поляризации моря Дирака калибровочным (кулоновским) полем. Поэтому ее восстановление необосновано и не может служить причиной введения θ -вакуума, т.е. нетривиальная топологическая структура вакуума в модели Швингера, если и существует, не связана с аксиальной аномалией.

Во второй главе вопросу о вырождении вакуума уделено особое внимание. На основе анализа модели Швингера и свободного максвелловского поля в двумерии показано, что это вырождение отражает нетривиальную топологическую структуру конфигурационного пространства калибровочного поля. Она порождает дополнительный фазовый фактор у функционала $\mathcal{V}(A)$, связанный с нулевыми модами оператора ∂_1^2 в уравнении связи (3):

$$\mathcal{V}(A) \rightarrow \mathcal{V}^\lambda(A) = \mathcal{V}(A) g(x),$$

$$g(x) = \exp \left\{ -ie \int_{-\infty}^{x_0} dx'_0 \Lambda(x) \right\}, \quad \partial_1^2 \Lambda(x) = 0.$$

Соответственно меняются и нелокальные поля типа (2):

$$A_1^{T,\lambda}(A) = \mathcal{V} g(A_1 + \frac{i}{e} \partial_1) g^{-1} \mathcal{V}^{-1} = -\partial_1 \partial_0^{-1} \Lambda(x), \quad (6)$$

$$\Psi^{T,\lambda}(A, \Psi) = \mathcal{V} g \Psi.$$

Так обнаружена остаточная "продольная" вакуумная динамика у двумерного абелева калибровочного поля. Она описывается парой новых динамических переменных - топологические координата N и импульс p со спектром значений $2\pi k + \theta$ (k - целое число, $|\theta| < \pi$), взаимодействие которых со спинорным полем и порождает θ -вакуум. Нетривиальная инфракрасная вакуумная динамика проявляется в существовании постоянных вакуумных электрических полей без источников, что можно интерпретировать как полевой аналог эффекта Джозефсона.

В третьей главе исследуется поведение функций Грина заряженных и нейтральных объектов при разной топологии конфигурационного пространства калибровочного поля. Изучение их особенностей является одним из стандартных методов определения спектра элементарных возбуждений в квантовой теории поля и статистической физике. Так, существование полюса интерпретируется как присутствие в спектре частицы с соответствующими квантовыми числами. Поэтому отсутствие особенностей у фермионной функции Грина, приводящее к нулевой вероятности наблюдения свободного кварка, можно было бы рассматривать как модельно-независимый критерий конфайнмента. Однако калибровочная зависимость одночастичной функции Грина привела к запрету использования структуры точного пропагатора кварка в качестве такого критерия.

В рамках минимального квантования одночастичные функции Грина выражаются через калибровочно-инвариантные функционалы, их аналитические свойства и значение вычета в полюсе однозначно определены. В таком контексте условие

$$\text{Res } G_R = \lim_{\hat{p} \rightarrow m} (\hat{p} - m) G_R(p) = 0$$

есть столь же строгий критерий конфайнмента, как и критерий Вильсона. В становлении последнего модель Швингера с имеющей в ней место экранировкой заряда сыграла важную роль. Однако структура фермионной функции Грина в этой модели в случае тривиальной топологии конфигурационного пространства калибровочного поля

$$G(x-y) = e^{-i\mathcal{T}[\Delta_m(x-y) - \Delta_0(x-y)]} G_0(x-y), \quad (7)$$

где $G_0(x)$, $\Delta_0(x)$ и $\Delta_m(x)$ — свободные функции Грина безмассовых фермионов, безмассовых и массивных скаляров соответственно, не обеспечивает нулевую вероятность рождения фермиона, а следовательно, и конфайнмент. Это непосредственно следует из полученных асимптотик этой функции:

$$G(p) \underset{p^2 \rightarrow \infty}{\sim} \frac{\hat{p}}{p^2}; \quad G(p) \underset{p^2 \rightarrow 0}{\sim} \frac{\hat{p}}{(p^2 + i\varepsilon)^{5/4}}.$$

Как было показано во второй главе, в случае нетривиальной топологии калибровочного поля возникает вырождение вакуума. В третьей главе рассматривается возникновение θ -структуры основного состояния в модели Швингера. Эта особая структура вакуума есть следствие присутствия фермионов, она построена явно в диссертации:

$$|vac\rangle = \exp\left\{-\frac{i}{2} p Q_5\right\} |0\rangle, \quad (8)$$

$$p|0\rangle = (2\pi k + \theta)|0\rangle, \quad k=0, \pm 1, \pm 2, \dots,$$

$$Q_5 = \int dx j_{50}(x).$$

$|0\rangle$ есть фоковский вакуум эффективного бозонного поля $\Psi(x)$, определенного соотношением

$$j_{5\mu}(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \partial_\mu \Psi(x); \quad [\Psi(x), Q_5] = \frac{i}{\sqrt{\pi}}.$$

Вакуум (8) сохраняет свойство кластеризации

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \langle vac | T(\mathcal{J}^+(x) \mathcal{J}^-(0)) | vac \rangle = \langle vac | \mathcal{J}^+ | vac \rangle \langle vac | \mathcal{J}^- | vac \rangle,$$

где

$$\mathcal{J}(x) = \bar{\Psi}(x) \Psi(x),$$

$$\mathcal{J}_5(x) = \bar{\Psi}(x) \gamma_5^* \Psi(x),$$

$$\mathcal{J}^\pm(x) = \frac{1}{2} [\mathcal{J}(x) \pm \mathcal{J}_5(x)].$$

Получены значения кварковых конденсатов, зависящие от углового параметра θ :

$$\langle vac | \mathcal{J}(x) | vac \rangle = 2C \cos \theta,$$

$$\langle vac | \mathcal{J}_5(x) | vac \rangle = 2iC \sin \theta,$$

C — константа. Поскольку в нашем понимании θ является существенным параметром теории и его значение нельзя менять какими-либо преобразованиями, оба конденсата в общем случае отличны от нуля.

Показано, что нетривиальная топология приводит к вырождению не только состояний, но и физических спиноров (6) и их источников в производящем функционале теории. Усреднение по этому вырождению меняет функцию Грина (7)

$$G^T(x-y) = \lim_{R,T \rightarrow \infty} G(x-y) \lim_{L \rightarrow \infty} \frac{1}{L} \sum_{n=-L/2}^{L/2} \langle g_n^+(x) g_n^-(y) \rangle_\theta,$$

и в пределе малых импульсов она обращается в нуль:

$$G(p) \underset{p^2 \rightarrow 0}{=} 0. \quad (9)$$

Это происходит вследствие интерференции фазовых факторов, которая поэтому названа деструктивной. При этом следует подчеркнуть некоммутативность операций усреднения и снятия инфракрасной регуляризации. Интерференция не влияет на структуру незаряженных функций Грина, потому что в этом случае фазы гасятся взаимно.

Тождество (9) в действительности отражает факт существования конфайнмента в модели Швингера. Отсюда сделан вывод, что деструктивную интерференцию топологических фаз можно рассматривать как топологический механизм конфайнмента, который реализуется в двумерной КЭД. Сформулирован соответствующий этому механизму критерий. В конце главы обсуждается его возможное применение к другим калибровочным теориям.

В четвертой главе рассмотрены две аномальные двумерные модели: квантовая электродинамика с левыми фермионами и киральная модель Швингера. Проблема при квантовании калибровочных теорий с аномалиями вызвана тем, что некоторые из связей первого рода становятся после квантования связями второго рода. К таким "аномальным" связям относится закон Гаусса, выражающий поперечность физических полей. При минимальном квантовании соответствующее уравнение решается явно еще на классическом уровне. Это не означает игнорирования аномальной природы рассматриваемой модели, поскольку особенности данной связи переносятся

через функционал $\mathcal{V}(A)$ на нелокальные физические переменные и сказываются на свойствах фермионной меры производящего функционала теории.

На примере двух указанных моделей продемонстрирована существенная роль физически аргументированного выбора оси времени системы квантования. Это есть единственный произвол в схеме минимального квантования, не использующей калибровочных условий в качестве исходных предположений. В диссертации показано, что структуре связей как "левосторонней" КЭД $_{++}$, так и киральной модели Швингера наиболее адекватна система координат светового конуса. Лишь в этом случае кулоновское взаимодействие токов, единственное оставшееся в обеих моделях, согласовано с распространением самих фермионов. Минимальное квантование этих моделей в конусных координатах, с конусным временем x^+ в качестве физического времени, приводит к унитарной релятивистски-инвариантной теории с однозначно определенным массовым спектром. Показано, что спектр двумерной электродинамики с левыми фермионами состоит из скалярной частицы с массой $m^2 = 4e^2/\pi$, а спектр киральной модели Швингера помимо этой частицы содержит дополнительную безмассовую скалярную моду. Однозначное определение массового спектра соответствует фиксации регуляризационного параметра α фермионного детерминанта. Полученное в диссертации значение массы соответствует значению $\alpha = 2$ этого параметра.

В заключении перечислены основные результаты диссертации.

В трех приложениях приведены некоторые вычисления. В приложении А показано, как заполнение моря Дирака приводит к появлению аномального члена в коммутаторе токов в двумерии. В приложении Б аномальные коммутаторы между билинейными по фермионам величинами вычислены на базе обобщенного метода раздвижки точек. Использование разных методов позволяет проследить, какие аномальные структуры возникают из-за переопределения фоковского пространства вторично квантованной теории и какие обязаны своим происхождением взаимодействию с калибровочным полем. В приложении В построены асимптотики фермионной функции Грина модели Швингера в импульсном пространстве.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Н.П.Илиева, В.Н.Первушин. Квантовые эффекты в модели Швингера. - ЯФ, 1984, т.39, с.1011-1020 (JINR Preprint, E2-83-283, Dubna, 1983, 15 p.).

2. N.Ilieva. Vacuum problem in the Schwinger model. 1) JINR preprint, E2-84-228, Dubna, 1984, 10 p.; 2) In: Proceedings of the VII Warsaw symposium on elementary particle physics, Kazimierz, Poland, May 20-26, 1984 (Warszawa, 1984, p.443-453).
3. N.Ilieva, V.Pervushin. Topological confinement in the Schwinger model. JINR Communication, E2-85-355, Dubna, 1985, 12 p.
4. N.Ilieva, V.Pervushin. The destructive interference phenomenon as a reason for the confinement in QED_{I+I}. JINR Preprint, E2-86-26, Dubna, 1986, 15 p.
5. N.Ilieva, V.Pervushin. Minimal quantization of gauge theories. В сб.: Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий: мультикварковые взаимодействия и КХД. Дубна, 19-24 июня 1986; Дубна, Д1,2-86-668, 1987, т.1, с.69-77.
6. N.Ilieva. Minimal quantization of two-dimensional models with chiral anomalies. JINR Preprint, E2-87-588, Dubna, 1987, 16 p.
7. Н.П.Илиева, Нгуен Суан Хан, В.Н.Первушин. Гамильтонова формулировка калибровочных теорий с явным решением уравнения связи. - ЯФ, 1987, т.45, с.1169-1176 (JINR Preprint, E2-86-283, Dubna, 1986, 14 p.).

Рукопись поступила в издательский отдел
19 февраля 1988 года.