

T-191

9 [X X X]

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2-80-643

ТАРАСОВ
Олег Васильевич

**ВЫЧИСЛЕНИЕ И СУММИРОВАНИЕ
РАДИАЦИОННЫХ ПОПРАВК В НЕКОТОРЫХ
КВАНТОВОПОЛЕВЫХ МОДЕЛЯХ**

Специальность 01.04.02. – теоретическая
и математическая физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1980

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных исследований.

Научные руководители:

член-корреспондент АН СССР,
доктор физико-математических наук,
профессор

Д. В. ШИРКОВ

кандидат физико-математических наук

А. А. ВЛАДИМИРОВ

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник

А. А. БЕЛАВИН

кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник

Б. Л. ВОРОНОВ

Ведущее научно-исследовательское учреждение:
Институт ядерных исследований АН СССР, Москва.

Автореферат разослан " " _____ 1980 года
Защита диссертации состоится " " _____ 1980 года
на заседании специализированного совета К047.01.01
Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна, Московской обл.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета

В. И. КУРАВЛЕВ

Общая характеристика работы

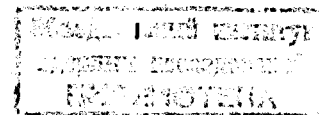
Актуальность проблемы. Основным регулярным рабочим инструментом квантовой теории поля является метод перенормируемой теории возмущений^{/1/}. В таком подходе рассматриваемую величину G представляют в виде формального ряда по константе связи g :

$$G = \sum g^n G_n,$$

а для вычисления G_n пользуются фейнмановской диаграммной техникой^{/1/}. С помощью этого метода получены надежные количественные результаты, описывающие широкий круг явлений физики элементарных частиц. Впечатляющий пример совпадения теоретических расчетов, проведенных по теории возмущений, и эксперимента дает нам квантовая электродинамика.

Однако еще в 1952 году Дайсон высказал предположение^{/2/}, что в квантовой электродинамике функции Грина амплитуды физических состояний и т.п. как функции константы связи имеют особенность в нуле. Указанные величины не являются в этой точке аналитическими, а ряды теорий возмущений для них асимптотические. Важным шагом в изучении функциональной зависимости по константе связи квантовополевых моделей явилось получение асимптотики коэффициентов G_n при больших n . Начало интенсивным исследованиям в этом направлении было положено в работе Липатова^{/3/}. Используя метод функционального перерыва, он получил асимптотику коэффициентов разложения ренормгрупповой бета-функции (или функции Гелл-Манна-Лоу) скалярной модели φ^4 . В настоящее время на основе метода Липатова выведены аналогичные асимптотики в квантовой электродинамике, $SU(2)$ неабелевой калибровочной модели Янга-Миллса и т.д.^{/4/}. В этих теориях все исследованные функции имеют особенность в нуле по константе связи g , причем структура этой особенности оказывается универсальной. Получаемые ряды являются асимптотическими, поскольку их коэффициенты растут факториальным образом. В свете вышесказанного понятно, что успех количественных предсказаний теории возмущений возможен лишь в случае численной малости параметра разложения. Такая ситуация наблюдается в квантовой электродинамике и объединенной модели слабых и электромагнитных взаимодействий Вайнберга-Салама^{/5/}. В моделях сильных взаимодействий, предлагавшихся ранее^{/1/}, величина параметра разложения большая, и поэтому обычная теория возмущений не дает здесь хороших результатов.

Следует отметить, что даже в случае численной малости константы взаимодействия имеются области значений кинематических переменных, где фактическим параметром разложения является произведение константы связи на большой логарифм импульсной переменной. В таких случаях происходит выход за рамки слабой связи.



Вследствие указанных факторов ограниченности метода теории возмущений большое значение и актуальность приобретают, во-первых, подходы, не связанные непосредственно с малостью константы взаимодействия и степенными разложениями, а во-вторых, возникает задача вычисления и "суммирования" высших порядков теории возмущений, т.е. задача "восстановления" рассматриваемых функций для $g \sim 1$.

Особенно актуальна эта проблема в квантовой хромодинамике - теории, на основе которой предпринимаются попытки описания сильных взаимодействий. Эта теория обладает асимптотической свободой - эффективным заряд с ростом импульсной переменной уменьшается логарифмическим образом. В рамках квантовой хромодинамики для большинства процессов первое приближение теории возмущений качественно совпадает с экспериментом. Однако в ряде случаев следующие поправки к физическим величинам не являются малыми и составляют 10-20% от основного вклада ^{16/}. Когда энергии взаимодействующих частиц не очень велики, даже при наличии асимптотической свободы ограничиваться лишь первыми приближениями, по-видимому, нельзя.

С чисто теоретической точки зрения интересен вопрос о существовании в квантовой хромодинамике инфракрасно стабильной точки. На двухпетлевом уровне при соответствующем выборе числа сортов фермионов такая точка существует ^{17/}. Однако вопрос о ее устойчивости относительно учета высших порядков неясен.

Перечисленные выше обстоятельства делают актуальным, во-первых, вычисление следующих приближений - трехпетлевого, а может быть, и более высоких, и, во-вторых, разработку методов обработки результатов теории возмущений в квантовой хромодинамике.

К сожалению, изучение неабелевых калибровочных моделей сопряжено с большими математическими трудностями. Так, вычисления по теории возмущений приводят к настолько громоздким выкладкам, что для проведения требующихся аналитических преобразований рационально использовать ЭВМ ^{18/}. Поскольку применение вычислительной техники становится здесь принципиальным, и поскольку для аналитических преобразований ее начали использовать относительно недавно, то весьма важным является разработка методики и составление программ для вычисления фейнмановских диаграмм высших порядков. В ходе вычислений, описываемых в диссертации, проблемы такого сорта приходилось решать неоднократно.

Весьма вероятно, что в основу будущей теории, объединяющей все виды взаимодействий, будут положены суперсимметричные неабелевы калибровочные модели ^{19/}. Использование здесь теории возмущений для получения сколько-нибудь точной количественной информации не имеет по-

ка большого смысла. Тем не менее, результаты таких расчетов могут послужить сигналом наличия весьма важных качественных сторон, которые трудно обнаружить на основе общетеоретических рассуждений. Такая ситуация, очевидно, имеет место для модели, предложенной в ^{10/}. Вычисления ^{11/} показали, что в ней вплоть до двухпетлевого приближения включительно отсутствует ренормировка заряда - двухпетлевая бета-функция равна нулю. Как показано в диссертации, эта функция равна нулю и в трехпетлевом приближении, что в большой степени свидетельствует о равенстве нулю всей бета-функции. Теоретическое доказательство этого свойства, а также обнаружение и изучение суперсимметричных теорий, в которых отсутствует ренормировка заряда, может иметь нетривиальные следствия при построении модели, объединяющей все виды взаимодействий. Цель работы - разработка методов вычисления и вычисление ренормгрупповых функций в четырехпетлевом приближении для теории φ^4 , в двух- и трехпетлевом приближениях для неабелевых калибровочных теорий;

развитие способов аппроксимации, исследуемых в квантовополевых моделях функций (бета-функции, критических индексов фазовых переходов и т.п.), на основе первых членов теории возмущений и использовании асимптотических оценок.

Научная новизна и практическая ценность

В диссертации впервые вычислены ренормгрупповые функции модели φ^4 в четырехпетлевом приближении в схеме вычитаний и проведено сравнение результатов вычислений с асимптотическими оценками.

Разработан эффективный метод построения аппроксимантов ренормгрупповых функций данной модели, который в отличие от имевшихся до этого методов позволяет учитывать всю имеющуюся в настоящее время о них информацию.

Впервые предложены методы приближенной численной оценки асимптотики ренормгрупповых функций при больших значениях константы связи, и на их основе получена оценка поведения бета-функции в модели φ^4 : $\beta(g)_{g \gg 1} \sim 0.9 g^2$

Впервые проделаны двухпетлевые вычисления ренормгрупповых функций квантовой хромодинамики и $SU(4)$ суперсимметричной калибровочной модели при произвольном значении калибровочного параметра. В этих же теориях впервые проведены вычисления ренормгрупповых функций в трехпетлевом приближении.

В $SU(4)$ суперсимметричной неабелевой калибровочной модели в трехпетлевом приближении показано отсутствие ренормировки заряда. До этого времени ни в одной четырехмерной квантовополевой модели такого факта не обнаруживалось.

Развитие в диссертации методы построения аппроксимантов ренорм-групповых функций и других величин в скалярных теориях позволяют систематическим образом учитывать высшие поправки теории возмущений. Они могут быть применены в расчетах любых других физических величин, представимых в виде асимптотических рядов со знакопеременными коэффициентами. Приведенные в диссертации значения ренормгрупповых функций квантовой хромодинамики и $SU(4)$ суперсимметричной неабелевой калибровочной модели в двухпетлевом приближении при произвольном значении калибровочного параметра дают возможность исследовать калибровочную зависимость уравнения ренормгруппы и позволяют в каждом конкретном случае работать в наиболее удобной калибровке.

Полученные результаты трехпетлевых вычислений ренормгрупповых функций квантовой хромодинамики могут быть использованы при учете трехпетлевых поправок в физические величины, а также при разработке методов "суммирования" рядов этих функций. Программы для аналитического вычисления фейнмановских диаграмм, описания которых даны в диссертации, пригодны для проведения одно-, двух- и трехпетлевых вычислений в любых других теориях.

Для защиты выдвигаются следующие основные результаты, полученные в диссертации

1. Проведены вычисления четырехпетлевого приближения ренормгрупповых функций для модели φ^4 и проведено сравнение результатов с асимптотическими оценками. Дано сравнение ренормгрупповой бета-функции этой модели в различных ренормировочных схемах.
2. Предложена процедура построения аппроксимантов бета-функции модели φ^4 , использующая информацию, полученную из асимптотических оценок, и первые точные члены теории возмущений. Развита метод получения приближенной оценки исследуемых функций при больших значениях параметра разложения. Показано, что учет такой асимптотики является существенным в построении аппроксимантов. Предложенный метод аппроксимации применен к вычислению критических индексов фазовых переходов в формализме ϵ -разложения.
3. Разработаны программы для аналитического вычисления на ЭВМ вкладов одно-, двух- и трехпетлевых диаграмм неабелевых калибровочных теорий в константы ренормировки в схеме минимальных вычитаний. Получены выражения для ренормгрупповых функций в двухпетлевом приближении при произвольном значении калибровочного параметра для неабелевой калибровочной модели с фермионами. В этом приближении найдены ультрафиолетовые асимптотики фермионного пропагатора, эффективного калибровочного параметра и эффективного заряда для квантовой хромодинамики.

4. Развита метод вычисления трехпетлевых фейнмановских интегралов в схеме размерной ренормировки. Разработана методика вычисления диаграмм неабелевых калибровочных теорий в трехпетлевом приближении. В этом приближении вычислены ренормгрупповые функции неабелевой калибровочной модели с фермионами.

5. Показана неприменимость обычной схемы размерной регуляризации к $SU(4)$ суперсимметричной неабелевой калибровочной теории. Предложена модификация этой схемы, удовлетворяющая для рассматриваемой модели требованиям суперсимметрии. Проведено вычисление аномальных размерностей и бета-функции данной суперсимметричной теории в трехпетлевом приближении. Получено, что в этом, как и в первых двух приближениях, бета-функция равна нулю.

Апробация диссертации. Результаты, полученные в диссертации, докладывались на сессиях ОлФ АН СССР (1977 и 1979 гг.), обсуждались на семинарах в ЛТФ ОИЯИ, Математическом институте АН СССР им. В.А. Стеклова и Физическом институте АН СССР им. П.Н. Лебедева.

Публикации. По результатам диссертации опубликовано 8 статей.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав основного текста, заключения и двух приложений, содержит 121 страницу машинописного текста и библиографический список литературы из 81 названия.

Содержание работы

Во введении дан краткий исторический обзор исследований, касающихся структуры и свойств разложений по константе связи, используемых при решении задач квантовой механики и теории квантованных полей. Описаны проблемы, возникающие в рамках такого подхода, и область его применимости. Отмечены возможные пути решения этих проблем и указано, какие из них исследованы в диссертации. Кратко изложены основные результаты, полученные в диссертации.

В первой главе на основе рассмотрения ренормгрупповых функций перенормируемой скалярной модели φ^4 , вычисленных в четырехпетлевом приближении, исследована область применимости обычной теории возмущений, а также соответствие результатов теории возмущений асимптотическим оценкам.

В § I кратко изложен формализм ренормализационной группы для исследуемой модели $\frac{16\pi^2}{4!}g\varphi^4$. Приведены результаты вычисления ренормгрупповых функций - аномальных размерностей и функции Гелл-Манна-Лоу $\beta(g)$ в четырехпетлевом приближении. Для функции $\beta(g)$ получено следующее выражение:

$$\beta(g) = \frac{3}{2}g^2 - \frac{17}{6}g^3 + 19.3g^4 - 146g^5.$$

Рассмотрены способы вычисления компланарных и некомпланарных четырехпетлевых фейнмановских диаграмм. Кратко описан метод аналитического

вычисления изотопических множителей диаграмм высоких порядков с помощью ЭВМ.

В § 2 приведены графики полиномов теории возмущений для функции $\beta(g)$ с учетом одной, двух, трех и четырех петель. Показано, что на уровне 10% точности учет четырехпетлевого члена только ухудшает ситуацию. С 10% точностью можно верить теории возмущений до $g \sim 0.1$. В этом интервале $\beta(g)$ положительна и не имеет нетривиального нуля. Исследована область применимости теории возмущений для функции $\beta(g)$ в различных ренормировочных схемах. В этой связи установлено, что преимущество одной схемы относительно других может быть выявлено на основе рассмотрения поправочных членов в асимптотике коэффициентов теории возмущений.

В § 3 проведено соответствие первых четырех коэффициентов функции $\beta(g) = \sum \beta_n (-g)^n$ асимптотическим. Исследована скорость выхода на асимптотику коэффициентов различных функций модели φ^4 в пространстве времени размерности 0, 1, 3 и 4. Изучено соответствие асимптотических коэффициентов точным для функции $\beta(g)$ четырехмерной модели φ^4 в зависимости от ее изотопической структуры. Рассмотрен произвол в записи асимптотической формы коэффициентов и необходимость знания поправочных членов в асимптотике.

Вторая глава посвящена методу построения аппроксимантов функций, заданных асимптотическим рядом со знакопеременными коэффициентами, возникающих в различных задачах теории поля и квантовой механики. Показано, что принципиальным моментом таких построений является знание асимптотики функции при больших значениях параметра разложения. Предложен метод приближенной оценки такой асимптотики. Разработанная процедура "восстановления" функции применена для вычисления функции $\beta(g)$ модели φ^4 и критических индексов фазовых переходов.

В § 1 обсуждается модифицированное преобразование Бореля, используемое для суммирования асимптотических рядов. Рассмотрено аналитическое продолжение борелевского образа с помощью конформного преобразования. Вид конформного преобразования выбран из соображений соответствия асимптотики коэффициентов разложения строящегося аппроксиманта асимптотическому разложению истинной функции. Изучены неоднозначности, возникающие при выборе параметров предлагаемого способа "восстановления" функции.

В § 2 подробно исследованы вопросы выбора параметров интегрального преобразования. Обнаружено, что при определенном выборе параметра, определяющего асимптотику аппроксиманта при большом значении параметра разложения, влияние высших приближений становится весьма малым. Исследования, проведенные на точно решаемых задачах, показывают, что значение этого параметра должно соответствовать истинной асимп-

тотике функции. Для функции Гелл-Манна-Лоу $\beta(g)$ модели $g\varphi^4$ получена приближенная оценка:

$$\beta(g) \underset{g \gg 1}{\sim} 0.9g^2$$

С учетом этой асимптотики и четырех членов ряда теории возмущений на основе разработанных методов построены аппроксиманты этой функции. Аппроксимант, учитывающий четырехпетлево приближение, отличается менее, чем на 10%, от аппроксиманта, учитывающего трехпетлево приближение вплоть до $g \sim 50$ (для обычной теории возмущений 10%-ное различие наблюдается при $g \sim 0.1$).

В § 3 предложен метод приближенной оценки асимптотики функций, имеющих асимптотическое разложение со знакопеременными коэффициентами, при большом значении параметра разложения. После специального выбора конформного преобразования особенность борелевского образа из бесконечности переходит в единицу, а ее характер определяется асимптотикой коэффициентов разложения по новой переменной. Такая асимптотика оценивается численно. Описанный метод применен как для функций, искома асимптотика которых известна (обычный интеграл, модель Томаса-Ферми, ангармонический осциллятор), так и для функций, где асимптотика неизвестна (функция $\beta(g)$ модели φ^4) и функция Гелл-Манна-Лоу модели $\beta(g)$ в трехмерном пространстве-времени). Как и ранее, для функции $\beta(g)$ модели φ^4 получена асимптотика $\beta(g) \sim 0.9g^2$ при $g \gg 1$.

В § 4 предложенный способ "восстановления" функции применен для вычисления критических индексов фазовых переходов методами теории поля, представленных в виде рядов ϵ -разложения. Дана приближенная оценка поведения критических индексов при $\epsilon \gg 1$. Продемонстрирована существенная зависимость результатов от задания такой асимптотики. Полученные значения критических индексов находятся в хорошем согласии как с экспериментом, так и с результатами других теоретических подходов.

Третья глава посвящена исследованию ренормгрупповых функций квантовой хромодинамики в двухпетлевом приближении при произвольном значении калибровочного параметра и исследованию асимптотики функции Грина фермионов в ультрафиолетовом пределе.

В § 1 изложены основные моменты ренормализационной группы в схеме минимальных вычитаний т'Хоофта. Кратко изложен способ вычисления констант ренормировки в рамках этой системы.

В § 2 предложен алгоритм вычисления и разработана программа для ЭВМ, написанная на языке аналитических преобразований *SCHOONSCHIP*, позволяющая находить вклады одно- и двухпетлевых фейнмановских диаграмм калибровочных теорий в константы ренормировки в рамках размерной регуляризации.

Программа позволяет вычислять любые однопетлевые и двухпетлевые безмассовые диаграммы, зависящие от одного внешнего импульса.

В § 3 приведены результаты двухпетлевых вычислений констант ренормировки, аномальных размерностей и функции Гелл-Манна-Лоу. Константы ренормировки и аномальные размерности посчитаны при произвольном значении калибровочного параметра. Полученные результаты сравниваются с более ранними вычислениями [7, 12], в которых калибровочный параметр был фиксирован. Найдено значение калибровочного параметра, при котором аномальная размерность глюонного пропагатора равна нулю. Выписаны ультрафиолетовые асимптотики эффективного калибровочного параметра, эффективного заряда и фермионного пропагатора.

Четвертая глава посвящена разработке метода вычислений трехпетлевых фейнмановских интегралов и методике расчетов диаграмм трехпетлевого приближения неабелевых калибровочных теорий. В этой главе проделаны трехпетлевые вычисления ренормгрупповых функций в неабелевой калибровочной теории с фермионами и $SU(4)$ суперсимметричной неабелевой калибровочной модели [10].

В § 1 рассмотрен метод расчета размерно-регуляризованных фейнмановских интегралов, предложенный в [13]. Метод основан на дифференцировании интеграла по внешнему импульсу и последующем занулении всех внешних импульсов. Дана формулировка иного метода вычислений. Основная идея метода - выразить исходный интеграл через интегралы с более простой структурой знаменателя подынтегрального выражения, что значительно облегчает все вычисления. Действие метода продемонстрировано на конкретном трехпетлевом интеграле.

В § 2 проведена классификация трехпетлевых фейнмановских диаграмм в зависимости от степени сложности их вычисления. Указаны способы расчета каждого класса этих диаграмм. Сформулированы правила вычисления их изотопических множителей. Исследованы наиболее сложные изотопические структуры, которые в общем случае не могут быть выражены через групповые инварианты. Показано, что суммарный вклад диаграмм, имеющих такую изотопическую структуру, в соответствующую аномальную размерность, равен нулю. Выписаны использованные в вычислениях тождества Славнова-Тейлора для трехглюонной вершины.

В § 3 приведены результаты расчетов ренормгрупповых функций - аномальных размерностей и функции Гелл-Манна-Лоу $\beta(g)$ для неабелевой калибровочной модели с безмассовыми фермионами. Приведено выражение для функции $\beta(g)$ квантовой хромодинамики (кварковое представление калибровочной группы $SU(3)$):

$$\beta(g)_{кхд} = (-11 + \frac{2}{3}n_f)\left(\frac{g}{4\pi}\right)^4 + (-102 + \frac{38}{3}n_f)\left(\frac{g}{4\pi}\right)^6 +$$

$$+ \left(-\frac{2857}{2} + \frac{5033}{18}n_f - \frac{325}{54}n_f^2\right)\left(\frac{g}{4\pi}\right)^8$$

(здесь n_f - число сортов кварков). Найдено выражение для эффективного заряда с учетом трех петель. При $n_f = 3, 4$ исследована величина трехпетлевых поправок для эффективного заряда, а также область применимости теории возмущений в этом приближении. Рассмотрен вопрос существования и устойчивости нуля $\beta(g)$ в зависимости от n_f .

Для функции $\beta(g)$ при $n_f = 3$ построены и исследованы все возможные паде-аппроксиманты.

В § 4 рассматривается $SU(4)$ суперсимметричная неабелева калибровочная модель. Предложен вариант суперсимметричной регуляризации данной модели. Эта регуляризация оставляет равным (и при том целым) общее число бозонных и фермионных компонент: восьми степенями свободы четырех майорановских спиноров соответствует $(2 - 2\epsilon)$ безмассовых векторов + $(3 + \epsilon)$ скаляров + $(3 + \epsilon)$ псевдоскаляров = 8 бозонов. Приведены результаты расчетов аномальных размерностей этой теории в двухпетлевом приближении в произвольной калибровке. На двухпетлевом уровне продемонстрирована инвариантность относительно суперсимметричных преобразований схемы обичной размерной регуляризации и инвариантность предложенного способа регуляризации. Приведены результаты расчетов ренормгрупповых функций рассматриваемой модели в трехпетлевом приближении. При использовании суперсимметричной регуляризации вклад диаграмм, не содержащих скалярных частиц

$$\beta(g)_{\text{без скаляров}} = -N\left(\frac{g}{4\pi}\right)^4 + 10N^2\left(\frac{g}{4\pi}\right)^6 + \frac{101}{2}N^3\left(\frac{g}{4\pi}\right)^8,$$

компенсируется вкладом диаграмм, содержащих скаляры, что дает в этом приближении:

$$\beta(g) = 0.$$

Такой результат указывает на отсутствие ренормировки заряда в трехпетлевом приближении.

В заключении кратко изложены некоторые следствия, следующие из приведенных в диссертации исследований, а также указаны дальнейшие, еще не решенные проблемы.

В приложениях вынесен ряд технических вопросов и приведены некоторые полезные формулы.

Литература

1. Н.Н. Боголюбов, Д.В. Ширков. Введение в теорию квантованных полей. 3 изд. "Наука", М., 1976.

2. F.J.Dyson. Divergence of Perturbation Theory in Quantum Electrodynamics - Phys. Rev., 1952, v. 85, p. 631-632.
3. Л.Н. Липатов. Расходимость ряда теории возмущений и квазиклассика.- ЖЭТФ, 1977, т. 72, с. 411-427.
4. D.I. Kazakov, D.V. Shirkov. Asymptotic series of quantum field theory and their summation.- Fortschritte der Physik, 1980, v.28, p. 447-482.
5. Д. Тейлор. Калибровочные теории слабых взаимодействий. "Мир", М., 1978.
6. A.J.Buras. Asymptotic Freedom in Deep Inelastic Processes in the Leading Order and Beyond.-Rev.of Mod Phys., 1980,v.52,p.199-276.
7. А.А. Белавин, А.А. Мигдал. Вычисление аномальных размерностей в неабелевых калибровочных теориях поля.- Письма в ЖЭТФ, 1974, т. 19, с. 317-320;
W.E.Caswell.Asymptotic Behavior of Non-Abelian Gauge Theories to Two-Loop Order.- Phys. Rev. Lett., 1974, v. 33, p. 244-246.
8. В.П. Гердт, О.В. Тарасов, Д.В. Ширков. Аналитические вычисления на ЭВМ в приложении к физике и математике.- УФН, 1980, т.130, 113-147.
9. P. Fayet.S.Ferrara. Supersymmetry.- Phys. Rep., v.32, ser. C, p. 249-334, 1977.
10. F.Giozzi, J. Scherk, D. Olive.- Supersymmetry, supergravity theories and dual spinor model.- Nucl. Phys., 1977, v. 122, ser. B, p. 253-290.
11. D.R.T. Jones. Charge renormalization in a supersymmetric Yang - Mills theory,- Phys. Lett., 1977, v. 72, ser. B, p. 199.
E.C. Poggio, H.N. Pendleton. Vanishing of charge renormalization and anomalies in a supersymmetric gauge theory.- Phys.Lett., v.72,ser. B, p. 200-202.
12. D.R.T.Jones. Two-loop diagrams in Yang-Mills theory. - Nucl.Phys., 1974, v.75, ser.B, p.531-538.
13. А.А.Владимиров. Метод вычисления ренормгрупповых функций в схеме размерной ренормировки.- ТМФ, 1980, т.43, с.210-217.

Результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Ф.М. Диттес, Ю.А. Кубышин, О.В. Тарасов. Четырехпетлевое приближение в модели φ^4 , ТМФ, 1978, т. 37, с. 66-73; препринт ОИЯИ Е2-11100, Дубна, 1977.
2. Д.И. Казаков, О.В. Тарасов, Д.В. Ширков. Аналитическое продолжение результатов теории возмущений модели φ^4 в область $g \geq 1$. ТМФ, 1979, т. 38, с. 15-25; препринт ОИЯИ, Е2-11571, Дубна, 1978.
3. О.В. Тарасов. Область больших значений константы связи и асимптотика коэффициентов теории возмущений. Препринт ОИЯИ, Р2-11879, Дубна, 1978; Lett. in Math. Phys., 1979, v. 3, p. 143-149.
4. А.А. Владимиров, Д.И. Казаков, О.В. Тарасов. О вычислении критических индексов методами квантовой теории поля. ЖЭТФ, 1979, т. 77, с. 1035-1045; препринт ОИЯИ, Е2-12245, Дубна, 1979.
5. Э.Ш. Егорян, О.В. Тарасов. Перенормировка квантовой хромодинамики в двухпетлевом приближении в произвольной калибровке. ТМФ, 1979, т. 41, с. 26-32; препринт ОИЯИ, Е2-11757, Дубна, 1978.
6. О.В. Тарасов. Программа для вычисления на ЭВМ одно-, двух- и трехпетлевых фейнмановских диаграмм калибровочных теорий. Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979. ОИЯИ, Д11-80-13, Дубна, 1980.
7. О.В. Тарасов, А.А. Владимиров, А.Ю. Жарков. Функция Гелл-Манна-Лоу квантовой хромодинамики в трехпетлевом приближении. Physics Letters, 1980, v. 93, ser. B, p. 429-432.
8. О.В. Тарасов, А.А. Владимиров. Трехпетлевые вычисления в неабелевых калибровочных теориях. Дубна, 1980 (Сообщение ОИЯИ, Е2-80-483).

Рукопись поступила в издательский отдел
3 октября 1980 года.