

УДК: 519.532

## Памяти Рэма Георгиевича Баранцева

И. В. Андрианов<sup>1</sup>, А. В. Шатров<sup>2,а</sup>

<sup>1</sup> Рейнско-Вестфальский технический университет г. Ахена, Институт общей механики,  
Германия, D-52056, Ахен, Темплерграбен, 64

<sup>2</sup> Вятский государственный университет,  
Россия, 610000, г. Киров, ул. Московская, д. 36

E-mail: <sup>а</sup> avshatrov1@yandex.ru



1931–2020

20 августа ушел из жизни замечательный ученый, доктор физико-математических наук, профессор, лауреат Государственной премии СССР Рэм Георгиевич Баранцев. Рэм Георгиевич родился в г. Кирове (Вятке), в семье сельских интеллигентов. Детские и школьные годы Рэма прошли в сельской глубинке, в обстановке повседневного деревенского быта и непростых условий 30-х и 40-х годов. В 1949 году Рэм Георгиевич с золотой медалью окончил среднюю школу в поселке Юрья Кировской области и поступил на математико-механический факультет Ленинградского университета; окончив его в 1954 году, остался в университете. Вся его последующая жизнь была связана с альма-матер. Научное наследие Р. Г. Баранцева обширно, список публикаций составляет более 400 работ, в том числе 5 монографий и 5 учебных пособий.

UDC: 519.532

## In memory of Rem Georgievich Barantsev 1931–2020

I. V. Andrianov<sup>1</sup>, A. V. Shatrov<sup>2,a</sup>

<sup>1</sup> RWTH, Aachen University, Institute of General Mechanics,  
Templergraben 64, D-52056, Aachen, Germany

<sup>2</sup> Vyatka State University,  
36 Moskovskaya st., Kirov, 610000, Russia

E-mail: <sup>a</sup> avshatrov1@yandex.ru

On August 20, a famous scientist, doctor of physical and mathematical sciences, professor and laureate of the USSR State Prize Rem Georgievich Barantsev passed away. Rem Georgievich was born in Kirov (Vyatka), in a family of rural intellectuals. Rem's childhood and school years took place in the rural outback in the atmosphere of everyday village life and difficult conditions of the 30s and 40s. In 1949, Rem Georgievich with a gold medal graduated from high school in the village of Yurya, Kirov Region, and entered the Faculty of Mathematics and Mechanics of Leningrad University, graduating in 1954, remained at the university. His entire subsequent life was associated with alma mater. The scientific heritage of R. G. Barantsev is extensive: the list of publications is more than 400 works, including 5 monographs and 5 teaching manuals.

Citation: *Computer Research and Modeling*, 2020, vol. 12, no. 5, pp. 943–954 (Russian).

## Годы учебы на матмехе ЛГУ

Проникновение в науку выходцу из сельской глубинки давалось нелегко. Как писал Рэм Георгиевич в своих воспоминаниях, «только облегчающая чистота математических решений перевесила мутную притягательность общественных наук. Но до чистоты предстояло еще пробиваться, терпеливо осваивая высшие миры математики... Интуиция и упрямство удерживали на матмехе» [Баранцев, 2007]. Постепенно учеба вошла в обычное повседневное русло, нормой стали отличные оценки на экзаменах, что позволило стать ньютоновским стипендиатом факультета. Осваивать премудрости механико-математического образования помогали прославленные профессора Александр Данилович Александров, Сергей Васильевич Валландер, Соломон Григорьевич Михлин, Исидор Павлович Натансон, Дмитрий Константинович Фаддеев, Николай Александрович Шанин. Начинаящий тогда молодой ученый, будущий академик и один из основателей школы гидродинамики Сибирского отделения Академии наук СССР Лев Васильевич Овсянников взял под крыло студента 4-го курса Рэма Баранцева и определил ему тему курсовой работы по трансзвуковой газовой динамике. Курсовая работа переросла в дипломную и стала основой для первой публикации в научном журнале [Баранцев, 1957]. В 1954 году, поступив в аспирантуру по кафедре гидроаэромеханики Ленинградского университета, Рэм Георгиевич продолжил заниматься математическими задачами трансзвуковой газовой динамики в плоскости годографа под руководством заведующего кафедрой С. В. Валландера. При этом постановка задач, выбор методов решения молодой аспирант осуществлял самостоятельно, а мудрый руководитель «опекал и стимулировал саморазвитие аспиранта, подпитывая вдохновение, обсуждая идеи и радуясь результатам» [Баранцев, 2007]. В 1957 году, по окончании аспирантуры, была представлена и успешно защищена диссертация на тему «Точное решение краевых задач для уравнения типа Чаплыгина». К этому времени были опубликованы в Докладах Академии наук СССР три статьи по точным решениям в трансзвуковой и сверхзвуковой газовой динамике [Баранцев, 1957].

## Научная и учебная деятельность на кафедре гидроаэромеханики ЛГУ

Трансзвуковая газовая динамика в интересах Р. Г. Баранцева тесно переплеталась с математикой, с решением краевых задач математической физики с вырождением или сингулярностью на границах. Следующим этапом научных исследований стали задачи аэродинамики разреженных газов, в этой области аэродинамики научный авторитет Р. Г. Баранцева был очень высок и сохранился до последнего времени. По предложению научного руководителя и наставника С. В. Валландера Рэм Георгиевич сосредоточился на проблеме взаимодействия разреженных газов с поверхностями космических аппаратов. Тематика была актуальна в контексте развития космических программ СССР. Здесь уместно отметить, что в пору начала космических исследований Рэм Георгиевич был руководителем нескольких китайских студентов, обучавшихся по кафедре гидроаэромеханики ЛГУ. Все они в дальнейшем стали крупными учеными, один из них, Шень Цин, стал председателем Национального комитета по механике, одним из руководителей космической программы КНР, другой, У Цзжень-юй, работал по оборонной тематике. Китайские ученики сохранили чувства благодарности и глубокого уважения к дорогому учителю и неоднократно приглашали Р. Г. Баранцева на научные мероприятия Китайской аэрокосмической корпорации и Пекинского института аэродинамики.

Учебная работа конца 50-х и начала 60-х годов успешно сочеталась с выполнением большого объема исследований, в том числе по закрытым темам, в области газодинамики разреженных газов. В этом контексте были освоены и существенно развиты асимптотические методы газовой динамики. Были созданы и успешно реализованы специальные курсы по гиперзвуковой аэродинамике, аэродинамике разреженных газов, взаимодействию газов с поверхностью, асимптотическим методам. По инициативе Р. Г. Баранцева создается научный журнал «Аэродинамика разреженных газов». В 1964 г. была успешно защищена докторская диссертация на тему

«Взаимодействие разреженных газов с поверхностями». При этом в качестве дополнительного, четвертого оппонента, был приглашен сотрудник Ленинградского отделения Математического института им. В. И. Стеклова Ильдар Абдуллович Ибрагимов, так как диссертация содержала большой математический раздел, включающий асимптотические методы, теорию случайных функций и теорию рассеяния на статистически шероховатой поверхности. В 1966 году Рэм Георгиевич становится профессором кафедры гидроаэромеханики и получает признание в советской и зарубежной науке как специалист по транс- и гиперзвуковой газовой динамике, включая динамику разреженных газов. К этому времени относится его сотрудничество с ведущими научными центрами космической отрасли, в том числе с Институтом космических исследований, ставшим практически вторым местом научной работы, встречи с С. П. Королевым. Этот наиболее активный в профессиональном отношении период жизни ознаменовался присуждением в 1973 году Государственной премии СССР за работы в области аэродинамики. В это же время выходит в издательстве «Наука» монография «Взаимодействие разреженных газов с обтекаемыми поверхностями» [Баранцев, 1975]. К концу 70-х годов молодой по возрасту ученый опубликовал около 100 научных и методических работ, среди которых статьи в Докладах Академии наук СССР, обзоры в «Итогах науки и техники ВИНТИ», статьи в ведущих советских и зарубежных журналах по механике (ИФЖ, ЖЭТФ, ПМТФ, ЖВММФ, Известия АН СССР сер. Физ., *Arch. Mech. Stos., Eng. Trans., Fluid Dynamics Trans.*) [Баранцев, 1958–1978], выступления на ведущих научных конференциях СССР и за рубежом [Баранцев, 1971–1981]. Обзор научных публикаций приводится Р. Г. Баранцевым в его книге «Крупницы памяти», вышедшей в издательстве «Регулярная и хаотическая динамика» в 2007 году [Баранцев, 2007]. В этот период сформировалась научная школа Рэма Георгиевича Баранцева. Создаются и публикуются учебные пособия, курсы лекций, монографии, обзоры на основе учебного и научного опыта [Баранцев, 1965–1987]. Его ученики (более 40, не считая дипломников) защитили 33 кандидатских и 5 докторских диссертаций. В этот период научная карьера Р. Г. Баранцева (после неожиданной и ранней смерти С. В. Валландера) логически приводит его к руководству кафедрой в 1975 году.

## В поисках истины. Методология асимптотики

К 80-м годам предметное пространство науки дополнилось методологическими идеями. Вот как об этом пишет сам Рэм Георгиевич: «...Я увидел, что в пространстве науки моя деятельность лучше проектируется на плоскость методов, где отчетливо определяются три группы: методы точные, асимптотические и эвристические. Осознание самоценности методов привело к инверсии приоритетов: не метод для задачи, а задачи для метода» [Баранцев, 2007]. Сам Р. Г. Баранцев в обзоре своих публикаций так характеризовал периоды своей творческой деятельности: «...Привести все в стройную систему оказалось непросто, так как в разные периоды преобладали разные подходы к научной деятельности. Первые работы относились к определенным областям классической газовой динамики, теории рассеяния и динамики разреженных газов. Этот период можно назвать предметным. Он доминировал до 70-х годов. Но уже в 1967 году появилось ощущение переходного состояния, когда прошлое упорядочивалось по задачам, а будущее — по методам. В пространстве методов пестрый спектр задач отлично укладывался в три группы: разделение переменных, асимптотика и метод представлений. Методический период продолжался до 1985 года. Семантический период привел к осознанию необходимости целостного подхода, объединяющего все три аспекта, характеризуемые вопросами: What? How? Why?» [Баранцев, 2007]. Переход к методологическим проблемам научного познания, исследованиям взаимодействия науки и социума в немалой степени был обусловлен близким знакомством Рэма Георгиевича с А. А. Любищевым. При этом интерес к семантике, общенаучным проблемам в контексте целостной парадигмы не мешал профессиональному росту в области гидроаэродинамики. Появились глубокие идеи, одна из которых привела к формированию нового подхода в практике использования асимптотических методов в механике жидкости, газа и плазмы. Р. Г. Баранцев дал наиболее полное и удачное определение асимптотиче-

ских методов через системную триаду «локальность – точность – простота»<sup>1</sup>. Цель асимптотического подхода заключается в упрощении объекта. Это упрощение достигается за счет уменьшения рассматриваемой окрестности — локализации. Характерно, что вместе с локализацией возрастает и точность асимптотических представлений. Точность и простота обычно встречаются как понятия противоположные. «Стремясь к простоте, мы жертвуем точностью, добиваясь точности, не ждем простоты. Однако при локализации эти антиподы сходятся, противоречие разрешается, снимается в синтезе, имя которому — асимптотика»<sup>2</sup>.

Не вполне вписываясь в классические рамки математической строгости, асимптотология оказалась чрезвычайно эффективным средством математического моделирования. По сути, вся математическая физика «буквально пронизана асимптотическими методами», и большинство наиболее важных результатов в ней получено асимптотически<sup>3</sup>. Их почти непостижимая эффективность позволяет утверждать, что «асимптотическое описание является не только удобным инструментом математического анализа природы, но и имеет более глубокое значение»<sup>4</sup> и «асимптотический подход — больше, чем еще один приближенный метод, а скорее играет фундаментальную роль»<sup>5</sup>.

Существенное отличие асимптотической математики от классической состоит в том, что уровень точности в ней конкурирует с размерами области действия: в заданной области точность асимптотического решения всегда ограничена. В случае разложения функции  $f(x)$  по

асимптотической последовательности  $\phi_n(x)$  при  $x \rightarrow \infty$  величина  $\Delta = \left| f(x) - \sum_{n=1}^N a_n \phi_n(x) \right|$  харак-

теризует *точность*,  $x$  — *локальность*,  $N$  — *простоту*. Каждая пара из этих параметров находится в соотношении дополнительности, а третий задает меру совмещения<sup>6</sup>. В классической математике  $x$  фиксировано,  $N \rightarrow \infty$ , и говорится о сходимости; в асимптотической математике  $N$  фиксируется,  $x \rightarrow 0$ , и говорится об «эффективности приближения, выражающейся в оптимальном сочетании простоты и точности»<sup>7</sup>.

Наиболее продуктивными с точки зрения использования асимптотических методов оказались приложения, относящиеся к теории пограничного слоя в механике жидкости и газа. Особенностью задач такого типа является неравномерность асимптотического разложения в  $L$ , являющейся подмножеством области решения  $D$ . Многообразие  $L$  (пограничный слой) в таком случае есть область сингулярности искомого решения, а его асимптотика называется сингулярной (внутренней) асимптотикой. Асимптотику внешней области называют регулярной (внешней) асимптотикой. При определенных условиях (теорема Каплуна)<sup>8</sup> регулярную асимптотику можно равномерно продолжить достаточно близко к многообразию  $L$  так, что в области пограничного слоя возникает область перекрытия, где возможно сравнение внутренних и внешних асимптотик. На этом основывается метод сращивания (Matching method)<sup>9</sup>. Однако не всегда просто найти и обосновать условия применимости теоремы Каплуна. В общем случае математическая теория сращиваемых асимптотических разложений еще не сформулирована.

<sup>1</sup> Баранцев Р. Г. Об асимптотологии // Вестн. Ленингр. ун-та. — 1976. — № 1. — С. 69–77.

<sup>2</sup> Баранцев Р. Г., Энгельгарт В. Н. Асимптотические методы в механике газа и жидкости. — Л.: ЛГУ, 1987.

<sup>3</sup> Бабич В. М., Булдырев В. С. Искусство асимптотики // Вестн. Ленингр. ун-та. — 1977. — № 13. — С. 5–12.

<sup>4</sup> Фридрихс К. О. Асимптотические методы в математической физике // Математика (сб. переводов иностр. статей). — 1957. — № 2. — С. 79–94.

<sup>5</sup> Segel L. A. The Importance of Asymptotic Analysis in Applied Mathematics // Amer. Math. Monthly. — 1966. — Vol. 73, No. 1. — P. 7–14.

<sup>6</sup> Баранцев Р. Г. Принцип неопределенности в асимптотической математике // Методы возмущений в механике. — Иркутск, 1984. — С. 107–113.

<sup>7</sup> Баранцев Р. Г. Неизбежность асимптотической математики // Математика. Компьютер. Образование. — Вып. 7, ч. 1. — М.: Прогресс – Традиция. — С. 27–33.

<sup>8</sup> Eckhaus W. Asymptotic analysis of singular perturbations. — Amsterdam, 1979. — 287 p.

<sup>9</sup> Ван-Дайк М. Методы возмущений в механике жидкости. — М.: Мир, 1967. — 287 с.

Развитие новых направлений асимптотических методов представлено в монографии Аврејцевича, Андрианова и Маневича<sup>10</sup>. В асимптотических приложениях пограничные слои (или более широко — переходные слои) — неизбежное следствие упрощающей локализации, а явление неравномерности асимптотических разложений в этих областях в сочетании с нелинейностями, которыми изобилует гидроаэродинамика, не исключение, а, скорее, правило. Отсюда актуальность методов синтеза разнобережных (внутренних и внешних в области переходного слоя) асимптотик. Таким образом, Рэмом Георгиевичем Баранцевым был предложен новый метод такого синтеза — соединение внутренних и внешних асимптотик в переходных слоях механики жидкости и газа на основе Паде-аппроксимант, развитый им и его учениками для широкого круга задач [Баранцев, 1994–2004]. Асимптотическая методология, применяемая в широком классе сингулярных краевых задач, позволяет формулировать общую проблематику синтеза неравномерных и разнобережных асимптотик переходных слоев гидроаэродинамики в следующей последовательности.

1. Локализация и определение вида особенностей. В случае, когда сингулярность присутствует на границе, где ставятся краевые условия, внутренняя асимптотика, несмотря на нелинейность, при достаточной локализации упрощается и может быть описана в терминах элементарных функций.

2. Особенности асимптотических разложений. Для описания переходного слоя необходимо использовать усложненные (в терминах специальных функций) асимптотики типа Эйри. Упрощающая асимптотика уменьшает область ее действия, и при этом теряется возможность применения метода сращивания. Выход — в соединении асимптотик Паде-аппроксимантами. На этом пути достигается наибольший выигрыш за счет контролируемой погрешности внутри слоя.

3. Конструирование Паде-аппроксимант. Основная трудность здесь связана с определением свободных параметров, неизбежно присутствующих в Паде-аппроксимациях, что приводит к сложным системам нелинейных алгебраических уравнений. Эта трудность преодолевается использованием эффективных алгоритмов решения указанных уравнений, а также оптимальным выбором системы интегральных условий при фиксированном числе параметров, связанном с количеством сохраняемых членов асимптотик на границах переходного слоя.

## Гражданин науки

Творческие поиски Р. Г. Баранцева не ограничивались узкопрофессиональными и общенаучными интересами. Удивительным образом вплетаясь в рефлексирующие, богатые ожиданиями 60-е, остановившиеся на распутье 70-е, открытые ветрам перемен 80-е, ненастные, в дурмане обманутых надежд 90-е годы, свидетельства равнодушного очевидца запечатлены с документальной точностью в воспоминаниях и переписке с друзьями Рэма Георгиевича [Баранцев, 2007–2011]. Эта эпопея в форме мемориального и эпистолярного жанра в современной истории не имеет аналога. Возможно, в этом проявилось влияние А. А. Любищева, известного русского систематика-биолога [Баранцев, 1982], героя повести Д. Гранина «Эта странная жизнь». В предисловии к книге [Баранцев, 1982] Р. Г. Баранцев писал: «Основа творчества Любищева — диалектичность. Во всём, чем бы он ни занимался, он поднимал слабую сторону антитезы до уровня сильной, достигал динамического равновесия и поддерживал его, пока не выходил к синтезу. Я извлек из опыта А. А. Любищева четыре методологических урока. Во-первых, решая любую задачу, нужно всегда критически анализировать ее постановку. Во-вторых, рассматривая любое явление по любому критерию, нужно всегда видеть обе крайности, заботиться об обеих сторонах. В-третьих, поскольку антитез много, диалектика многомерна, и это очень существенно, ибо именно многомерность открывает возможности синтеза. В-четвертых, необходима тенденция к комплексированию многомерных критериев: она уравнивает дивергент-

<sup>10</sup> Awrejcewicz J., Andrianov I. V., Manevitch L. I. Asymptotic Approach in Nonlinear Dynamics: New Trends and Applications. — Berlin, 1998. — 310 p.

ную многомерность и обеспечивает устойчивость самому методу». Сравнивая мировоззрения этих двух неординарных личностей, нельзя не отметить их общей судьбы: при всех индивидуальных различиях, разнице в возрасте, жизненном опыте, их многое объединяет. Рационализм и бескомпромиссность, стремление к ясности в рассуждениях и острота полемики, способность видеть в оппонентах личность и нетерпимость к косности и догматизму. Они оба осознавали необходимость смены парадигмы в общественном сознании. По словам Р. Г. Баранцева [Баранцев, 1982, 2007], переживаемый ныне кризис мировоззрений заботил Любищева задолго до того, как его осознало общественное мнение. Корни ошибок он правильно связывал с одномерной структурой мышления, указывая, что диалектика не сводится к антитезам «или–или». И во всех своих работах он демонстрировал многомерную диалектику, разрабатывая такие проблемы, как ортогонализация осей семантического пространства, комплексирование признаков по критериям реальности, синтезирование целостных сущностей.

В размышлениях по поводу своего 70-летия Рэм Георгиевич писал: «Судьба уберегла меня от соблазнительного увядания в рутине профессиональной работы. Не изменяя профессии математика-механика-физика, я стал всё больше заниматься фундаментальными проблемами бытия, выходя в пространства методов и смыслов. Асимптотические методы открыли вид на мягкую математику, тринитарная методология привела к структурной формуле целостности, в которой «рацио» действует наряду с «эмоцио» и «интуицио». Философские потенции я ощущал еще в детстве, но раскрываться по-настоящему они начали в той точке бифуркации, которая отмечена встречей с Любимцевым. Выполняя его просьбу позаботиться об архиве, я фактически осваивал сферу реализации своего призвания. Близкое творческое общение с Любимцевым и его наследием продолжалось 40 лет. Завершая этот этап, я... продолжаю свой путь с благодарностью за тот мощный импульс, которым одарила меня судьба через Александра Александровича Любимцева».

На фотографии в начале этой мемориальной статьи Р. Г. Баранцев запечатлен на фоне гор в одном из последних своих путешествий. Он очень любил горы и, думается, был бы доволен таким неформальным портретом. В памяти людей, близко знавших Рэма Георгиевича Баранцева и работавших с ним, остаются чувства благодарной причастности к жизни неординарного человека — талантливого ученого, философа, активного путешественника и необыкновенного собеседника.

## Список литературы (References)

- Алексеева Е. В., Баранцев Р. Г., Шатров А. В. Соединение температурных асимптотик в пограничном слое // Вестник СПбГУ. — 1996. — Сер. 1, № 8. — С. 96–99.  
*Alexeeva E. V., Barantsev R. G., Shatrov A. V. Soedinenie temperaturnykh asimptotik v pogranichnom sloe [Connection of temperature asymptotics in the boundary layer] // Vestnik SPbGU. — 1996. — Vol. 1, No. 8. — P. 96–99 (in Russian).*
- Андреанов И. В., Баранцев Р. Г., Маневич Л. И. Асимптотическая математика и синергетика. — М.: УРСС, 2004. — 304 с.  
*Andrianov I. V., Barantsev R. G., Manevitch L. I. Asimptoticheskaya matematika i sinergetika [Asymptotic Mathematics and Synergetics]. — Moscow: URSS, 2004. — 304 p. (in Russian).*
- Баранцев Р. Г. О расчете начала сверхзвуковой части плоского сопла Лаваля с прямой звуковой линией // Вестн. ЛГУ. — 1956. — № 19. — С. 133–149.  
*Barantsev R. G. O raschete nachala sverkhzvukovoj chasti sopla Lavalya s pryamoj zvukovoj liniej [Calculation of the beginning of the supersonic part of a flat Laval nozzle with a straight sonic line] // Vestnik LGU. — 1956. — No. 19. — P. 133–149 (in Russian).*
- Баранцев Р. Г. Краевая задача для уравнения  $\psi_{\sigma\sigma} - K(\sigma)\psi_{00} = 0$  с данными на характеристике и прямых  $\sigma = \text{const}$  // Докл. АН СССР. — 1957. — Т. 113, № 3. — С. 955–958.  
*Barantsev R. G. Kraevaya zadacha dlya uravneniya  $\psi_{\sigma\sigma} - K(\sigma)\psi_{00} = 0$  s dannymi na kharakteristike i pryamykh  $\sigma = \text{const}$  [Boundary value problem for the equation  $\psi_{\sigma\sigma} - K(\sigma)\psi_{00} = 0$  with data on the characteristic and straight lines  $\sigma = \text{const}$ ] // Doklady AN SSSR. — 1957. — Vol. 113, No. 3. — P. 995–998 (in Russian).*

- Баранцев Р. Г.* Две теоремы разложения, связанные с краевыми задачами для уравнения  $\psi_{\sigma\sigma} - K(\sigma)\psi_{00} = 0$  // Докл. АН СССР. — 1957. — Т. 117, № 4. — С. 551–554.  
*Barantsev R. G.* Dve teoremy razlozheniya, svyazannye s kraevymi zadachami dlya uravneniya  $\psi_{\sigma\sigma} - K(\sigma)\psi_{00} = 0$  [Two expansion theorems related to boundary value problems for the equation  $\psi_{\sigma\sigma} - K(\sigma)\psi_{00} = 0$ ] // Doklady AN SSSR. — 1957. — Vol. 113, No. 4. — P. 551–554 (in Russian).
- Баранцев Р. Г.* Теоремы разложения, связанные с краевыми задачами для уравнения  $\psi_{\sigma\sigma} - K(\sigma)\psi_{00} = 0$  в полосе с вырождением или сингулярностью на границе // Докл. АН СССР. — 1958. — Т. 121, № 1. — С. 9–12.  
*Barantsev R. G.* Teoremy razlozheniya, svyazannye s kraevymi zadachami dlya uravneniya  $\psi_{\sigma\sigma} - K(\sigma)\psi_{00} = 0$  v polose s vyrozhdением ili singulyarnost'yu na granice [Expansion theorems related to boundary value problems for the equation  $\psi_{\sigma\sigma} - K(\sigma)\psi_{00} = 0$  in a strip with degeneracy or singularity on the boundary] // Doklady AN SSSR. — 1958. — Vol. 121, No. 1. — P. 9–12 (in Russian).
- Баранцев Р. Г., Михайлова И. А., Цителов И. М.* К определению порядка возмущающих функций в методе малых возмущений // Инженерный журнал. — 1961. — № 2. — С. 69–81.  
*Barantsev R. G., Mikhailova I. A., Tsitelov I. M.* K opredeleniyu poryadka vozmushchayshchikh funktsiy v metode mal'kh vozmushchenij [Determination of the order of perturbing functions in the method of small perturbations] // Inzhenernyj zhurnal. — 1961. — No. 2. — P. 69–81 (in Russian).
- Баранцев Р. Г.* Об асимптотическом законе выравнивания скачка в одноатомном газе // ЖЭТФ. — 1962. — Т. 42, № 3. — С. 889–895.  
*Barantsev R. G.* Ob asimptoticheskom zakone vyравnivaniya skachka v odnoatomnom gaze [On the asymptotic law of equalization of a jump in a monatomic gas] // ZhETF. — 1962. — Vol. 42, No. 3. — P. 889–895 (in Russian).
- Баранцев Р. Г.* Метод разделения переменных в задаче рассеяния на теле произвольной формы // Докл. АН СССР. — 1962. — Т. 147, № 3. — С. 569–570.  
*Barantsev R. G.* Metod razdeleniyf peremennykh v zadache rasseyaniya na tele proizvol'noj formy [Separation of variables in the problem of scattering on a body of arbitrary shape] // Doklady AN SSSR. — 1962. — Vol. 147, No. 3. — P. 569–570 (in Russian).
- Баранцев Р. Г.* Метод интегральных моментных кинетических уравнений // Докл. АН СССР. — 1963. — Т. 151, № 5. — С. 1038–1041.  
*Barantsev R. G.* Metod integral'nykh momentnykh kineticheskikh uravnenii [Method of integral moment kinetic equations] // Doklady AN SSSR. — 1963. — Vol. 151, No. 5. — P. 1038–1041 (in Russian).
- Баранцев Р. Г.* К постановке задачи рассеяния на конечном расстоянии // Докл. АН СССР. — 1964. — Т. 157, № 5. — С. 1080–1083.  
*Barantsev R. G.* K postanovke zadachi rasseyaniya na konechnom rasstoyanii [On the formulation of the problem of scattering at a finite distance] // Doklady AN SSSR. — 1964. — Vol. 157, No. 5. — P. 1060–1083 (in Russian).
- Баранцев Р. Г., Ландман В. Г.* Рассеяние на сфероиде // ЖВММФ. — 1964. — Дополн. к № 4. — С. 291–295.  
*Barantsev R. G., Landman V. G.* Rasseyanie na sferoide [Scattering by a spheroid] // ZhVMMF. — Dop. k No. 4. — P. 291–295 (in Russian).
- Баранцев Р. Г.* Лекции по трансзвуковой газовой динамике. — Л.: ЛГУ, 1965. — 216 с.  
*Barantsev R. G.* Lektsii po transzvukovoj gazovoj dinamike [Lectures on transonic gas dynamics]. — Leningrad: LGU, 1965. — 216 p. (in Russian).
- Баранцев Р. Г., Луцет М. О.* О граничных условиях для уравнения Навье–Стокса в разреженном газе // Докл. АН СССР. — 1967. — Т. 173, № 5. — С. 1021–1023.  
*Barantsev R. G., Lutset M. O.* O granichnykh usloviyakh dlya uravneniya Nav'e-Stoksa v razrezhenном gaze [Boundary conditions for the Navier–Stokes equation in a rarefied gas] // Doklady AN SSSR. — 1967. — Vol. 173, No. 5. — P. 1060–1083 (in Russian).
- Баранцев Р. Г.* Отражение атома от горячей решетки твердых сфер // Изв. АН СССР, сер. Физика. — 1971. — Т. 33, № 2. — С. 424–426.  
*Barantsev R. G.* Otrazhenie atoma ot goryachej reshyotki tvyordykh sfer [Reflection of an atom from a hot lattice of hard spheres] // Izv. AN SSSR, ser. Fizika. — Vol. 33, No. 2. — P. 424–426 (in Russian).
- Баранцев Р. Г.* Последовательное моделирование функции рассеяния атомов от поверхности // Ученые записки ЦАГИ. — 1971. — Т. 2, № 6. — С. 62–70.

- Barantsev R. G. Posledovatel'noe modelirovanie funktsii rasseyaniya atomov ot poverkhnosti [Sequential modeling of the surface scattering function] // Uchenye zapiski TsAGI. — 1971. — Vol. 2, No. 6. — P. 62–70 (in Russian).*
- Баранцев Р. Г., Ерофеев А. И., Нагорных Ю. Д., Пярнпуу А. А., Стриженов Д. С. Взаимодействие газов с твердыми поверхностями // Труды III Всес. Конф. по динамике разреженных газов. — Новосибирск, 1971. — Секция 5. — С. 2–38.*
- Barantsev R. G., Erofeev A. I., Nagornyykh Yu. D., Parnpuu A. A. Vzaimodejstvie gasov s tvyordymi poverkhnostyami [Interaction of gases with solid surfaces] // Trudy III Vsesoyzn. Konf. po dinamike razrezhennykh gasov. — Novosibirsk, 1971. — P. 2–38 (in Russian).*
- Баранцев Р. Г. Взаимодействие газов с поверхностями. Обзор // Итоги науки и техники. Гидромеханика. — ВИНТИ, 1972. — Т. 6. — С. 5–92.*
- Barantsev R. G. Vzaimodejstvie gasov s tvyordymi poverkhnostyami. Obzor [Interaction of gases with surfaces. Overview] // Itogi nauki i tekhniki. Gidromekhanika. — VINITI, 1972. — Vol. 6. — P. 5–92 (in Russian).*
- Баранцев Р. Г., Грудцын В. В. Асимптотика матрицы рассеяния на контурах  $r(\varphi) = (1 + \beta \cos \varphi)^\gamma$  // Теория дифракции и распространения волн. 6-й Всес. симп. — Ереван, 1973. — Книга 1. — С. 364–367.*
- Barantsev R. G., Grudtsyn V. V. [Asimptotika matritsy rasseyaniya na konturakh  $r(\varphi) = (1 + \beta \cos \varphi)^\gamma$ ] [Asymptotics of the scattering matrix on the contours  $r(\varphi) = (1 + \beta \cos \varphi)^\gamma$ ] // Teoriya difraktsii i rasprostraneniya voln. 6-th Vsesoyzn. simpoz. — Erevan, 1973. — Kniga 1. — P. 221–248 (in Russian).*
- Баранцев Р. Г. Взаимодействие разреженных газов с обтекаемыми поверхностями. — М.: Наука, 1975. — 344 с.*
- Barantsev R. G. Vzaimodejstvie razrezhennykh gazov s obtekaemyimi poverkhnostyami [Interaction of rarefied gases with streamlined surfaces]. — Moscow: Nauka, 1975. — 344 p.*
- Баранцев Р. Г. Гиперзвуковые движения газов. Стационарное обтекание тел невязким газом. Обзор // Итоги науки и техники. Гидромеханика. — ВИНТИ, 1976. — Т. 9. — С. 5–53.*
- Barantsev R. G. Giperzvukovye dvizheniya gazov. Statsionarnoe obtekanie tel nevyazkim gazom. Obzor [Hypersonic gas movements. Stationary non-viscous gas flow around bodies. Overview] // Itogi nauki i tekhniki. Gidromekhanika. — VINITI, 1976. — Vol. 9. — P. 5–53 (in Russian).*
- Баранцев Р. Г., Грудцын В. В. К асимптотике коэффициентов Фурье в задаче рассеяния на контурах  $r(\varphi) = (1 + \beta \cos \varphi)^\gamma$  // Записки научных семинаров ЛОМИ. — 1976. — Т. 62. — С. 27–37.*
- Barantsev R. G., Grudtsyn V. V. Asymptotic behavior of the Fourier coefficients for the problem of scattering on contours // J. Soviet Math. — 1979. — Vol. 11, No. 5. — P. 680–686. (Original Russian paper: Barantsev R. G., Grudtsyn V. V. K asimptotike koeffitsientov Fourier v zadacherasseyaniya na konturakh  $r(\varphi) = (1 + \beta \cos \varphi)^\gamma$  // Zapiski nauchnykh seminarov LOMI. — 1976. — Vol. 62. — P. 27–37.)*
- Баранцев Р. Г. Современное состояние теории взаимодействия газов с поверхностями // Труды IV Всес. конф. по динамике разреженных газов. — М., ЦАГИ, 1977. — С. 221–248.*
- Barantsev R. G. Sovremennoe sostoyanie teorii vzaimodejstviya gazov s poverkhnostyami [The current state of the theory of interaction of gases with surfaces] // Trudy IV Vsesoyuz. konf. po dinamike razrezhennykh gasov. — Moscow, TsAGI, 1971. — P. 221–248 (in Russian).*
- Баранцев Р. Г., Москалева Н. М. Рассеяние на адатоме // Симп. по взаимодействию атомных частиц с поверхностью твердого тела. — Ташкент, 1979. — С. 32–33.*
- Barantsev R. G., Moskalyova N. M. Rasseyanie na adatome [Scattering by an adatom] // Simp. po vzaimodejstviyu atomnykh chastits s poverkhnost'yu tvyordogo tela. — Tashkent, 1979. — P. 32–33 (in Russian).*
- Баранцев Р. Г., Сергеев В. Л. Исследование обратной задачи рассеяния газа поверхностью // VI Всес. конф. по динамике разреженных газов. Новосибирск, 1979. — Тезисы докл. — С. 54.*
- Barantsev R. G., Sergeev V. L. Issledovanie obratnoj zadachi rasseyaniya gas poverkhnost'yu [Study of the inverse problem of gas scattering by a surface] // Trudy IV Vsesoyzn. konf. po dinamike razrezhennykh gasov. — Novosibirsk, 1979. — P. 54 (in Russian).*
- Баранцев Р. Г., Энгельгарт В. Н. Метод асимптотических интегральных итераций с раскрытием сингулярностей в точках расходимости // Всес. конф. по асимптотическим методам в теории сингулярно-возмущенных уравнений. Алма-Ата, 1979. — Тезисы докладов. — Т. I. — С. 115–117.*

- Barantsev R. G., Engelgart V. N.* Metod asimptoticheskikh integralnykh iteratsij s raskrytiem singulyarnostej v tochkakh raskhodimosti [The method of asymptotic integral iterations with the opening of singularities at points of divergence] // Vsesoyuz. konf. po asimptoticheskim metodam v teorii singulyarno-vozmushchennykh uravnenij. Alma-Ata, 1979. — Tezisy dokl. — Vol. 1. — P. 115–117 (in Russian).
- Баранцев Р. Г.* Аналитические методы в динамике разреженных газов // Итоги науки и техники. Сер. Механ. жидкости и газа. — ВИНТИ, 1981. — Т. 6. — С. 3–65.  
*Barantsev R. G.* Analiticheskie metody v dinamike razrezhenykh gazov [Analytical methods in the dynamics of rarefied gases] // Itogi nauki i tekhniki. Ser. Mekhan. zhidkosti i gaza. — VINITI, 1981. — Vol. 6. — P. 3–65 (in Russian).
- Баранцев Р. Г.* Александр Александрович Любищев. 1890–1972 / под ред. С. П. Светлова. — Л.: Наука (ЛЮ), 1982. — 144 с.  
*Barantsev R. G.* Alexandr Alexandrovich Lyubishchev. 1870–1972 / pod red. S. P. Cvetlova. — Leningrad: Nauka, 1982. — 144 p. (in Russian).
- Баранцев Р. Г.* Гиперзвуковая аэродинамика идеального газа. — Л.: ЛГУ, 1983. — 116 с.  
*Barantsev R. G.* Giperzvukovaya aerodinamika ideal'nogo gaza. — Leningrad: LGU, 1983. — 116 p.
- Баранцев Р. Г., Энгельгарт В. Н.* Асимптотические методы в гиперзвуковой аэродинамике. — Л.: ЛГУ, 1983. — 88 с.  
*Barantsev R. G., Engelgart V. N.* Asimptoticheskie metody v giperzvukovoj gazovoj dinamike [Asymptotic methods in hypersonic aerodynamics]. — Leningrad: LGU, 1983. — 88 p. (in Russian).
- Баранцев Р. Г., Энгельгарт В. Н.* Асимптотические методы в механике жидкости и газа. — Л.: ЛГУ, 1987. — 89 с.  
*Barantsev R. G., Engelgart V. N.* Asimptoticheskie metody vmekhanike zhidkosti i gaza [Asymptotic methods in fluid and gas mechanics]. — Leningrad: LGU, 1987. — 89 p. (in Russian).
- Баранцев Р. Г., Пашкевич Д. А.* Соединение асимптотик в переходном слое // Асимптотические методы в задачах аэродинамики и проектировании летательных аппаратов. — Иркутск, 1994. — С. 67–70.  
*Barantsev R. G., Pashkevich D. A.* Soedinenie asimptotik v perekhodnom sloe [Connection of asymptotics in the transition layer] // Asimptoticheskie metody v zadachakh aerodinamiki i proektirovanii letatel'nykh apparatov. — Irkutsk, 1994. — P. 67–70 (in Russian).
- Баранцев Р. Г., Шатров А. В.* Соединение асимптотик в пограничном слое с помощью Падé-аппроксимант // 10-я Зимняя школа по механике сплошных сред. Тезисы докладов. — Екатеринбург, 1995. — С. 24–25.  
*Barantsev R. G., Shatrov A. V.* Soedinenie asimptotik s pomoshch'yu Pade approksimant [Connection of asymptotics in the boundary layer using the Padé approximant] // 10-th Zimnyaya shkola po mekhanike sploshnykh sred. Tezisy dokladov. — Ekaterinburg, 1995. — P. 24–25 (in Russian).
- Баранцев Р. Г., Шатров А. В.* Падé-аппроксимации соединения асимптотических решений в сверхзвуковом пограничном слое // Межд. конф. «Математические модели нелинейных возбуждений переноса, динамики, управления в конденсированных системах и средах». — Тверь, 1996. — С. 167.  
*Barantsev R. G., Shatrov A. V.* Pade-approksimatsii soedineniya asimptoticheskikh reshenij v sverkhzvukovom pograničnom sloe [Padé approximations for the connection of asymptotic solutions in a supersonic boundary layer] // Mezhd. Konf. "Matematicheskie modeli nelinejnykh vozvuzhdenij perenosa, dinamiki, upravleniya v kondensirovannykh sredakh". — Tver, 1996. — P. 167 (in Russian).
- Баранцев Р. Г., Алексеева Е. В., Пашкевич Д. А.* Применение Падé-аппроксимант для расчета температур в гиперзвуковом пограничном слое // Теплообмен-1996. Минский международ. форум (MIF-1996). — Минск, 1996. — С. 114–118.  
*Barantsev R. G., Alekseeva E. B., Pashkevich D. A.* Primeneniya Pade-approksimant dlya rascheta temperatur v giperzvukovom pograničnom sloe [Application of the Padé approximant for calculating temperatures in a hypersonic boundary layer] // Teplomassoobmen-1996. Minskij mezhdunarodnyj forum (MIF-1996). — Minsk, 1996. — P. 114–118 (in Russian).
- Баранцев Р. Г., Пашкевич Д. А., Шатров А. В.* Теплоперенос в пограничном слое реагирующего газа // Теплообмен-2000. Минский междунар. форум (MIF-2000). — Минск, 2000. — С. 185–188.  
*Barantsev R. G., Pashkevich D. A., Shatrov A. V.* Teploperenos v pograničnom sloe reagiruyushchego gaza [Heat transfer in the boundary layer of the reacting gas] // Teplomassoobmen-2000. Minskij mezhdunarodnyj forum (MIF-2000). — Minsk, 2000. — P. 185–188 (in Russian).

- Баранцев Р. Г.* Крупицы памяти. — М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2007. — 324 с.  
*Barantsev R. G.* Krupitsy pamyati [Grains of memory]. — Moscow–Izhevsk: NITs “Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika”, Institut komp’yuternykh issledovaniy, 2007. — 324 p. (in Russian).
- Баранцев Р. Г.* Люди в письмах. Т. 1: Деловые и дружеские. — М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2007. — 398 с.  
*Barantsev R. G.* Lyudi v pis’makh. T. 1: Delovye i druzheskie [People in letters. Vol. 1: Business and Friendship]. — Moscow–Izhevsk: Institut komp’yuternykh issledovaniy, NITs “Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika”, 2007. — 398 p. (in Russian).
- Баранцев Р. Г.* Люди в письмах. Т. 2: Вокруг Любимцева. — М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2007. — 500 с.  
*Barantsev R. G.* Lyudi v pis’makh. T. 2: Vokrug Lyubishcheva [People in letters. Vol. 2: Around Lyubishchev]. — Moscow–Izhevsk: Institut komp’yuternykh issledovaniy, NITs “Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika”, 2007. — 500 p. (in Russian).
- Баранцев Р. Г.* Люди в письмах. Т. 3: Граждане науки. — М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2008. — 524 с.  
*Barantsev R. G.* Lyudi v pis’makh. T. 3: Grazhdane nauki [People in letters. Vol. 3: Citizens of Science]. — Moscow–Izhevsk: Institut komp’yuternykh issledovaniy, NITs “Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika”, 2008. — 524 p. (in Russian).
- Баранцев Р. Г.* Люди в письмах. Т. 4: Философия и синергетика. — М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2008. — 516 с.  
*Barantsev R. G.* Lyudi v pis’makh. T. 4: Filosofiya i sinergetika [People in letters. Vol. 4: Philosophy and Synergetics]. — Moscow–Izhevsk: Institut komp’yuternykh issledovaniy, NITs “Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika”, 2008. — 516 p. (in Russian).
- Баранцев Р. Г.* Люди в письмах. Т. 5: Антропосфера. — М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2009. — 524 с.  
*Barantsev R. G.* Lyudi v pis’makh. T. 5: Antroposfera [People in letters. Vol. 5: Anthroposphere]. — Moscow–Izhevsk: Institut komp’yuternykh issledovaniy, NITs “Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika”, 2009. — 524 p. (in Russian).
- Баранцев Р. Г.* Люди в письмах. Т. 6: Фрактальный социум. — М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2009. — 532 с.  
*Barantsev R. G.* Lyudi v pis’makh. T. 6: Fraktal’nyy sotsium [People in letters. Vol. 6: Fractal society]. — Moscow–Izhevsk: Institut komp’yuternykh issledovaniy, NITs “Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika”, 2009. — 532 p. (in Russian).
- Баранцев Р. Г.* Знаки внимания. — М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2010. — 522 с.  
*Barantsev R. G.* Znaki vnimaniya [Signs of attention]. — Moscow–Izhevsk: Institut komp’yuternykh issledovaniy, NITs “Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika”, 2010. — 522 p. (in Russian).
- Баранцев Р. Г.* Избранное. — М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2010. — 534 с.  
*Barantsev R. G.* Izbrannoe [Featured articles]. — Moscow–Izhevsk: Institut komp’yuternykh issledovaniy, NITs “Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika”, 2010. — 534 p. (in Russian).
- Баранцев Р. Г.* Письма последних лет. — М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2011. — 522 с.  
*Barantsev R. G.* Pis’ma poslednikh let [Letters from recent years]. — Moscow–Izhevsk: Institut komp’yuternykh issledovaniy, NITs “Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika”, 2011. — 522 p. (in Russian).
- Anolik M. V., Barantsev R. G.* Combination of asymptotics in the Knudsen layer. II Testing // Rarefied Gas Dynamics. 21<sup>st</sup> Intern Symp., Book of Abstract. Maselle. — 1998. — Vol. 2. — P. 75–76.
- Barantsev R. G., Fyodorova V. M.* Ray model for atom reflection from surface // Arch. Mech. Stos. — 1969. — Vol. 21, No. 3. — P. 384–389.
- Barantsev R. G.* Recent research results on gas-surface interaction // Fluid. Dynam. Trans. — 1971. — Vol. 6, No. 1. — P. 17–75.

- Barantsev R. G., Alexeeva E. V., Fyodorova V. V., Kopylova A. V.* Application of a ray reflection model in the problem of highly rarefied gas flow past bodies // Arch. Mech. Stos. — 1973. — Vol. 25, No. 2. — P. 227–232.
- Barantsev R. G.* Soft sphere lattice scattering at oblique incidence // Arch. Mech. Stos. — 1974. — Vol. 26, No. 5. — P. 784–794.
- Barantsev R. G.* Local method in rarefied gas aerodynamics // Engn. Trans. — 1978. — Vol. 26, No. 1. — P. 3–9.
- Barantsev R. G., Engelgart V. N.* Asymptotic solution of the problem of hypersonic perfect gas flow past blunted bodies // XV Symp. on Fluid Mech. Abstract. — Warshawa, 1981. — P. 12–13.
- Barantsev R. G.* Combination of asymptotics in the boundary layer by means of Pade-approximants // 2-nd European Fluid Mechanics Conference. — Warsaw, 1994. — Abs. of Paper.
- Barantsev R. G.* Combination of asymptotics in the Knudsen layer // 20<sup>th</sup> Intern Symp. on Rarefied Gas Dynamics, Beijing. — 1996. — P. 14
- Barantsev R. G.* Combination of asymptotics in the Knudsen layer. 1 Method // Rarefied Gas Dynamics. — Proc. of 20<sup>th</sup> Intern Symp. — Beijing, 1996. — P. 345–347.
- Barantsev R. G., Pashkevich D. A.* Combination of asymptotics in the gas boundary layer near wedge // Asymptotics in Mech. — St.-Petersburg, 1996. — P. 16–17.
- Barantsev R. G., Slipko V. V.* Asymptotics of catastrophes at small control parametrs // Asymptotics in Mech. — St.-Petersburg, 1996. — P. 18–19.
- Barantsev R., Pashkevich D., Shatrov A.* Combination of asymptotics in the boundary layer of a reacting gas mixture // Proc. of the 5<sup>th</sup> conf. on dynamic systems theory and applications. — Łódź, 1999. — P. 137–140.
- Shatrov A. V.* Conjunction of asymptotics in boundary problems of hydrodynamics // Optimization of Finite Element Approximations, Splines and Wevelets (OFEA'2001). — Abstracts of International conference. — St.-Petersburg, 2001. — P. 59–60.