



Академик

**Сергей Тимофеевич
Кишкин**

**100 лет
со дня рождения**

Москва 2006

Материалы явились критической проблемой при создании газовых турбин, и вся история развития газотурбинных двигателей тесно связана с борьбой за повышение жаропрочности специальных сплавов...

«Материалы явились критической проблемой при создании газовых турбин, и вся история развития газотурбинных двигателей тесно связана с борьбой за повышение жаропрочности специальных сплавов...»

В области теории как высокой прочности, так и жаропрочности ВИАМ всегда стоял на позициях гетерофазности...

«В области теории как высокой прочности, так и жаропрочности ВИАМ всегда стоял на позициях гетерофазности...»

Исследования в области диффузионной подвижности атомов в кристаллической решетке и фазовый анализ дали правильную ориентировку в начале пути, позволив Советскому Союзу первым вступить на путь создания и применения высокожаропрочных литейных сплавов...

«...Исследования в области диффузионной подвижности атомов в кристаллической решетке и фазовый анализ дали правильную ориентировку в начале пути, позволив Советскому Союзу первым вступить на путь создания и применения высокожаропрочных литейных сплавов... Это направление в развитии жаропрочных сплавов для изготовления рабочих лопаток газовых турбин в дальнейшем, с запозданием на пять лет, было принято, на основе опыта советской авиации, в США, Англии и других странах...»

Из рукописи академика С.Т. Кишкина



«Академик С.Т. Кишкин – выдающийся ученый-материаловед, основатель теории гетерофазного упрочнения и комплексного легирования высокотемпературных конструкционных материалов. Он утверждал, что путь к достижению максимального сопротивления сплавов ползучести в условиях высокотемпературного нагружения пролегает через получение гетерофазной структуры, а не через создание гомогенных твердых растворов. Сама жизнь подтвердила абсолютную правоту Сергея Тимофеевича Кишкина и полную несостоятельность научной мотивации его оппонентов. С учетом этого представляется исторически справедливым именовать явление упрочнения твердого раствора частицами γ' -фазы в жаропрочных сплавах «эффектом Кишкина»

Ю.С. Осипов,
академик, Президент РАН



«Масштабы личности академика С.Т.Кишкина, его вклад в развитие науки, технологий, промышленного производства авиационно-космической и ракетной техники в определяющей мере способствовали росту международного авторитета советской, российской науки и авиационного материаловедения.

Доброежелательность и живой интерес к людям, озабоченность их судьбой, готовность прийти к ним на помощь – это наиболее яркие черты С.Т. Кишкина как человека.

Умение ярко и эмоционально рассказывать, увлеченность делами многих людей единомышленниками его идей, замыслов, научных устремлений»

Н.А. Платэ
академик, вице-президент РАН



«Сергей Тимофеевич Кишкин, говоря языком материаловеда, это многокомпонентная система, ее матрица – замечательный человеческий материал с жизненным ресурсом, уже на 50 % превысившим ресурс россиянина. Фазы – это: высокий интеллект, активный творческий потенциал, неиссякаемая энергия, талант исследователя и организатора, коммуникабельность, дух товарищества; параметры: надежность суждений, глубина эрудиции, высокая степень целеустремленности и рациональности действий, твердость убеждений, прочность решений ...»

Н.М. Скляр,
Заслуженный деятель науки и техники РСФСР,
д.т.н., профессор

«Великой заслугой настоящего ученого является создание и развитие им научных школ. Здесь Сергей Тимофеевич добился выдающихся результатов. Им создана научная школа, в основе которой лежит теория гетерофазности. ВИАМ, в деятельности которого определяющую роль сыграл академик Сергей Тимофеевич Кишкин, продолжает успешно работать и развиваться»

**Б.Е. Патон,
академик,
Президент НАН Украины**



«В полную силу проявился талант Сергея Тимофеевича – крупного ученого и организатора, правильно увидевшего в литых сплавах генеральную линию развития жаропрочных сплавов как материала для рабочих лопаток газовых турбин. Это позволило нашим конструкторам выйти на передовые рубежи в данной области и добиться крупных успехов»

**Н.Д. Кузнецов,
Генеральный конструктор
авиационной техники,
дважды Герой Социалистического Труда, академик**



**А.М. Люлька,
Генеральный конструктор
авиационной техники,
дважды Герой Социалистического Труда,
академик**



«Хотелось бы подчеркнуть некоторые личные качества Сергея Тимофеевича – удивительную простоту и скромность. Он всегда был доступен, всегда в деле. Интереснейшие сложные проблемы излагал легко, непринужденно, исключительно содержательно»

**Н.П. Лякишев,
заместитель академика-секретаря отделения химии
и наук о материалах,
академик**





«Я много лет проработал вместе с великим академиком Сергеем Тимофеевичем Кишкиным. Учился у него находить выходы из сложных ситуаций, когда поведение сплавов и реальных конструктивных узлов требовало немедленного решения»

**И.Н. Фридляндер,
академик**



«С.Т. Кишкин – ученый редкого творческого таланта, который шел в науке своими неповторимыми путями, в постоянном поиске новых оригинальных направлений. Пятидесятые-шестидесятые годы прошлого столетия можно назвать периодом становления материаловедения как науки. Имя академика С.Т. Кишкина по праву входит в число главных её творцов»

**И.В. Горынин,
академик**



«Сергей Тимофеевич Кишкин был человеком редкой способности концентрировать внимание на решении одной научной проблемы. Его «коньком» была одна из важнейших в материаловедении проблем – проблема улучшения жаропрочных сплавов для авиационных двигателей. Едва ли кто-либо из отечественных или зарубежных «жаропрочников» сделал больше, чем Сергей Тимофеевич, в изучении влияния химического состава никелевых сплавов на их структуру, фазовый состав и, как следствие этого, – жаропрочность»

**О.А. Банных,
академик**

«С.Т. Кишкин – ученый, человек, учитель, один из создателей отечественного авиационного металловедения. Так уж природа создала Сергея Тимофеевича: он думал быстрее и видел дальше других. Он мог предостеречь от возможных ошибок и поддержать очень рискованные предложения, опираясь на свой огромный накопленный опыт и великолепную интуицию»

**Р.Е. Шалин,
член-корреспондент РАН**



«Незабываемые встречи, откровенные и доверительные беседы с «СТ», так мы уважительно называли С.Т. Кишкина, о важности и перспективности развития литейных жаропрочных сплавов, технологии получения литых лопаток ГТД в интересах укрепления научно-технического и оборонного потенциала государства для многих, в том числе и для меня, были определяющими в выборе научной специализации. Мой учитель Сергей Тимофеевич Кишкин своей жизнью и работой доказал, что прочность и жаропрочность в основном определяются структурой материала, характером взаимодействия и стабильностью его фаз, – именно гетерофазность сама по себе, а не механические свойства отдельных фаз определяют сопротивление пластической деформации. В этом заключается «эффект Кишкина»

**Е.Н. Каблов,
член-корреспондент РАН**





Академик
Сергей Тимофеевич Кишкин
Профессор,
Заслуженный деятель науки и техники РСФСР,
Почетный «Авиастроитель»

Лауреат:

Ленинской премии	1984 г.
Сталинской премии	1942 г., 1949 г.
Государственной премии	1968 г.
Премии Совета Министров СССР	1950 г., 1981 г.
Премии Правительства РФ	2000 г.

Награжден:

Орденом Ленина	1945 г.
Орденом Октябрьской Революции	1971 г.
Орденами Трудового Красного Знамени	1949 г., 1950 г., 1957 г., 1975 г.
Орденом «За заслуги перед Отечеством» IV ст.	2002 г.

Отмечен благодарностями:

Командующего 1-го Белорусского фронта	1943 г.
Госкомитета СССР по координации научно-исследовательских работ	1963 г.
Президента Российской Федерации	1999 г.

Даты жизни

- 30 мая 1906 г. Рождение С.Т. Кишкина, г. Луганск*
- 1922–1923 Ученик слесаря ФЗУ завода № 60, г. Луганск*
- 1923–1926 Чертежник техотдела завода № 60*
- 1926–1931 Студент МВТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва*
- 1930–1931 Заведующий научно-методическим бюро,
Высший инженерно-педагогический институт, г. Москва*
- 1931 Аспирант МВТУ*
- 1931–1934 Инженер техотдела ЭКУ ОГПУ*
- 1934–1938 Заместитель начальника отдела черных металлов,
начальник лаборатории броневых сталей ВИАМ*
- 1940 Присвоена ученая степень доктора технических наук*
- 1943 Присвоено звание профессора*
- 1947 Член научного Совета Министерства авиационной
промышленности*
- 1948–1960 Заведующий кафедрой металловедения Московского
авиационного института*
- 1938–1975 Заместитель начальника ВИАМ по научной работе*
- 1960 Избран членом-корреспондентом АН СССР*
- 1966 Избран действительным членом АН СССР, заместитель
академика-секретаря Отделения физхимии и технологии
неорганических материалов, председатель Научного совета
АН СССР по конструкционным материалам для новой
техники*
- 1975–1988 Начальник лаборатории «Физика металлов»*
- 1988 Присуждена золотая медаль им. Д.К. Чернова АН СССР за
цикл работ в области прочности и жаропрочности
металлических материалов для авиакосмической техники*
- 1988–2002 Советник Генерального директора ВИАМ*
- 3 мая 2002 г. Кончина С.Т. Кишкина*

С.Т. Кишкин

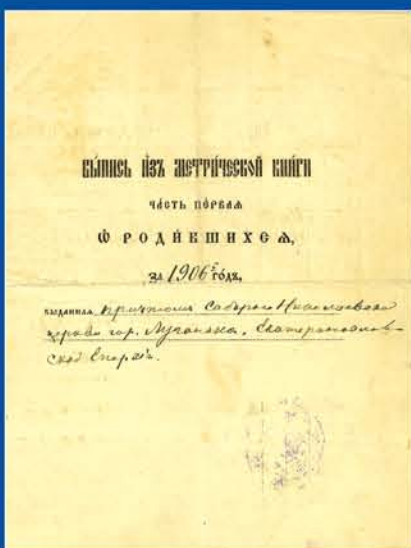
Сергей Тимофеевич Кишкин родился 30 мая 1906 года в г. Луганске в семье кузнеца.



Отец
Тимофей Ефремович



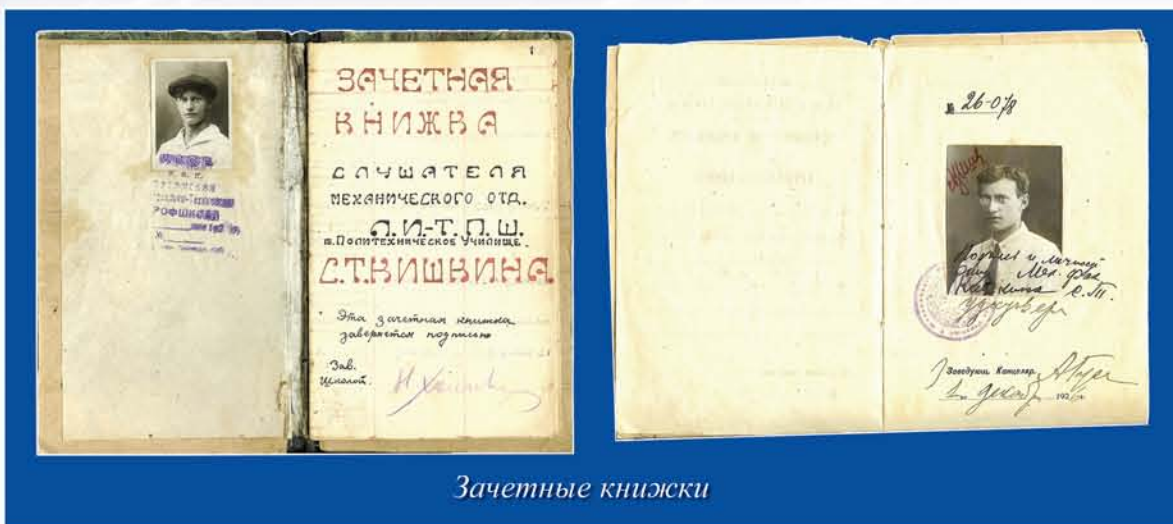
Мать
Меланья Власьевна



Выписка из метрической книги, часть первая, о рождении, за 1906 год.				
Имя ребенка	Отец, имя, отчество и фамилия родителей, и место их рождения	Мать, имя, отчество и фамилия	Кто совершил крещение	Религиозное исповедание
Сергей	Т. Николаевич Тимофеевич Кишкин и Зоя Ивановна Власьева, оба проживающие в Луганске.	Т. Николаевич Тимофеевич Кишкин и Зоя Ивановна Власьева, оба проживающие в Луганске.	Священник Павел Александрович	Православный

Выписка из метрической книги Соборно-Николаевской церкви Екатеринославской епархии г. Луганска Славяносербского уезда

В 1922 г. С.Т. Кишкин после окончания гимназии поступил слушателем на механическое отделение Луганской индустриально-технической профшколы. С 1924 г. работал учеником слесаря, а затем чертежником техотдела завода № 60 г. Луганска.



В 1926 г. поступил в МВТУ им. Н.Э. Баумана, после окончания которого в 1931 г. был оставлен аспирантом на кафедре «Металловедение».



Учебу в аспирантуре пришлось прервать: получив задание от Наркома тяжелой промышленности СССР Серго Орджоникидзе, С.Т. Кишкин вместе с Н.М. Скляровым занялся разработкой брони для танкеток Т-27 и плавающих танков ПТ-1. Задание было успешно выполнено – в 1934 г. «родилась» броневая сталь КО.



Штамповка броневой стали



Танкетка Т-27

Тогда же в 1934 первый научный руководитель ВИАМ И.И. Сидорин пригласил обоих специалистов работать в своем институте.



И.И. Сидорин

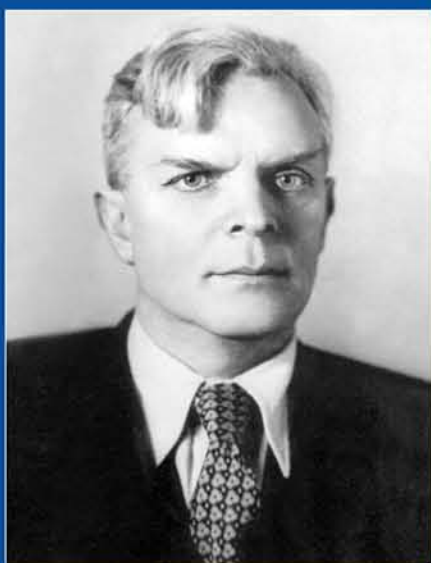
СССР
 НКТП ГУАП
 ВСЕСОЮЗНЫЙ
 НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ИНСТИТУТ
 АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
 ВИАМ
 3 "Т" 1935 г.
 № 45
 г. МОСКВА

Форм. № 1
 СПРАВКА
 Дана тов. Кишкину С.Т.
 в том, что он действительно работает во Все-
 союзном научно-исследовательском институте
 авиационных материалов в должности
ст. инженера
 600 р. + 24 р. надбавка в связи с
 отличной карьерной
 и др. показателей

Стол личного состава Гронов



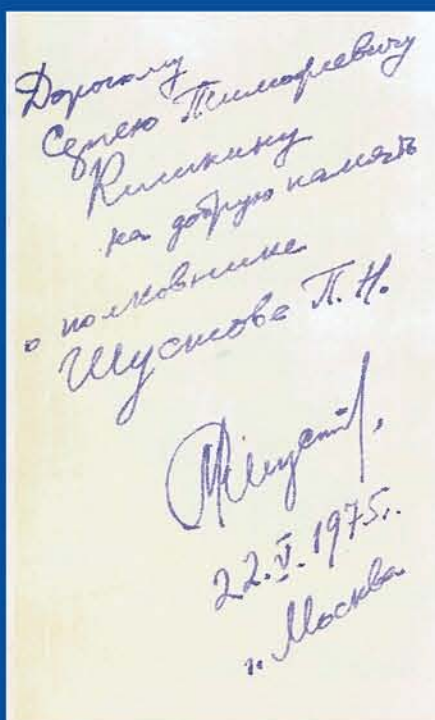
Научный руководитель ВИАМ И.И. Сидорин с сотрудниками в лаборатории механических испытаний в ВИАМ (С.Т. Кишкин в верхнем ряду 5 справа)



Г.В. Акимов

С.Т. Кишкин начал свою деятельность в ВИАМ, где была создана броневая группа под руководством члена-корреспондента АН СССР Г.В. Акимова. Основной задачей группы была разработка брони для защиты боевой авиации.

Гражданская война в Испании сразу показала, что наши истребители уязвимы для немецких самолетов, вооруженных пулеметными установками большой мощности. Летчики «ястребков» пытались, иногда успешно, защитить себя подручными средствами. Среди них был Петр Николаевич Шустов.



П.Н. Шустов

Командир эскадрильи 2-ой Витебской авиабригады
им. СНК БССР, впервые применивший
самодельную броневую спинку

Для сооружения спасительного прикрытия в дело шли даже куски металла, вырезанные из подбитого бронекатера, из которых П.Н. Шустов смастерил самодельную спинку, крепившуюся на кресло пилота. Вмятины от пуль на спинке летчик показал своему начальству. Об этом узнал И.В. Сталин и немедленно поручил специалистам ВИАМ по броневым сталям – С.Т. Кишкину и Н.М. Склярору – разработать надежную броню для истребителей. После встречи с наркомом К.Е. Ворошиловым прошло всего несколько месяцев, и разработчики брони 2 мая 1938 года пригласили на завод в Подольске главкома ВВС Якова Смушкевича, где он лично принял первую промышленную партию бронестинков.

Позднее у авиаконструктора С.В. Ильюшина родилась идея изготовить полностью бронированный истребитель «Ил».



Создатели первой авиационной брони С.Т. Кишкин и Н.М. Скляров





Бронированный самолет-штурмовик Ил-2

Замысел был осуществлен на Воронежском авиапредприятии, где летом 1940 г. наладили серийное производство «летающих танков», против которых фашисты в первые месяцы Великой Отечественной войны оказались абсолютно беспомощными. Когда же враги приспособились сбивать первые «Илы», С.Т. Кишкин с Н.М. Склярковым нашли более надежную защиту – двухслойную активную броню АБЭ-1. Сто тысяч бронеспинков из этой брони с большим успехом были применены в новой модификации штурмовиков – «Ил-10». Жизнь многих наших летчиков была спасена. Кроме того, броня АБЭ-1 была использована для защиты правительственных лимузинов ЗИС-101 и для других неординарных целей.

Одновременно с изысканиями эффективной авиационной брони С.Т. Кишкин активно занялся организаторской работой в институте. Он был назначен сначала заместителем начальника, а затем начальником Отдела черных металлов. Успех его работы на этом поприще дал основание назначить его в 1938 г. заместителем начальника ВИАМ по научной части.



Заместитель начальника по науке С.Т. Кишкин со своими коллегами

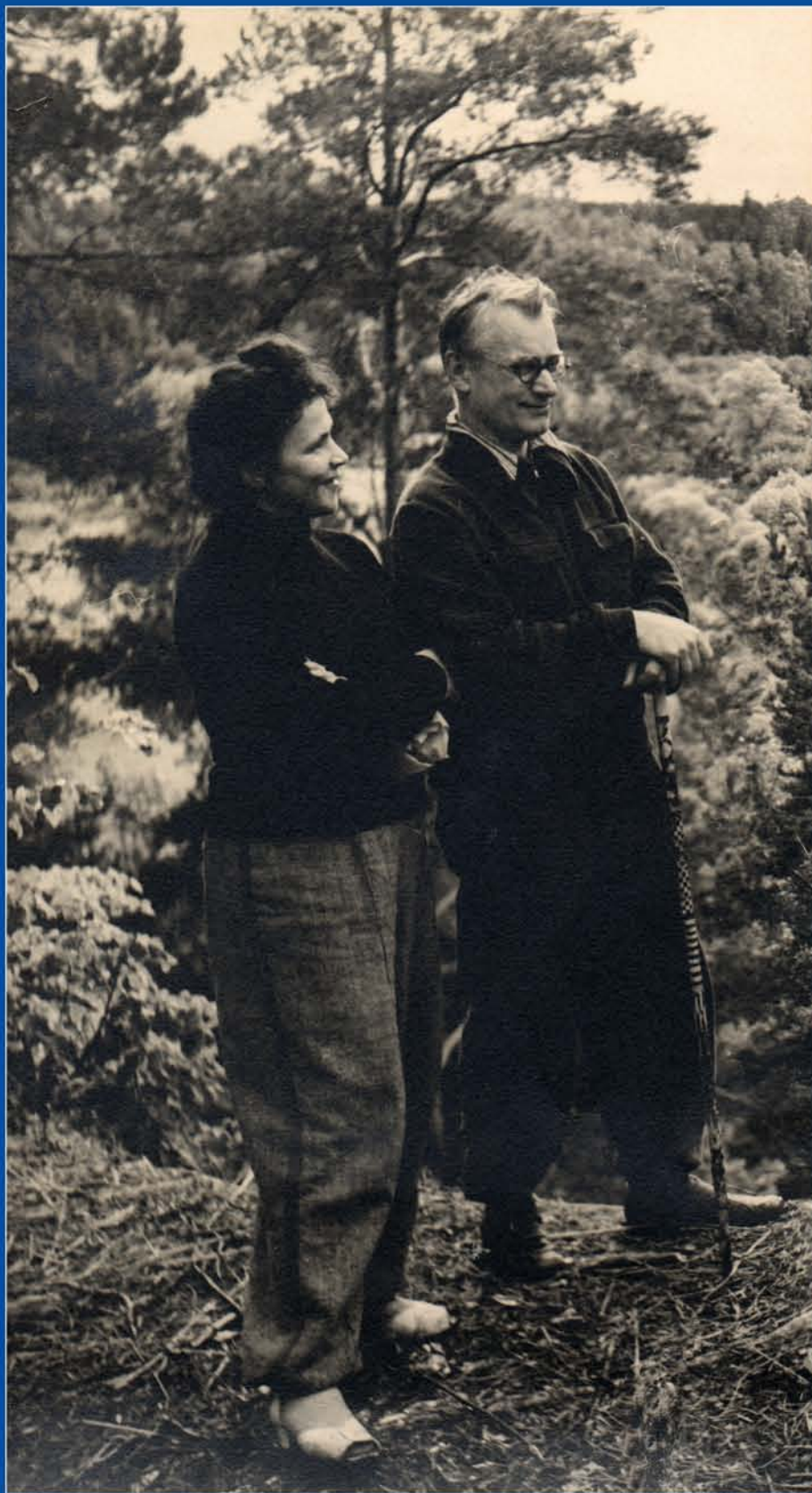
С 1948 по 1960 годы С.Т. Кишкин совмещал научную деятельность в институте с чтением лекций по металлостроению в Московском авиационном институте, будучи заведующим кафедрой металлостроения МАИ.



С.Т.Кишкин читает лекции по металлостроению студентам МАИ

Во время Великой Отечественной войны в условиях эвакуации С.Т. Кишкин, успешно осуществляя научное руководство институтом, сумел найти время и силы для творческой работы. Он попытался решить проблему высокой прочности мартенсита и выявить механизм упрочнения сталей.

Проводя простые измерения твердости стали по Бринеллю при различных нагрузках, С.Т. Кишкин обнаружил сильное упрочнение мартенсита при пластической деформации. Было показано также, что отпущенный мартенсит представляет собой сложную гетерофазную структуру, образованную высокодисперсными карбидами, равномерно распределенными в феррите.



С.Т. Кишкин с женой Софьей Исааковной на отдыхе



С.Т. Кишкин за игрой в шахматы с сыном. Наблюдает за игрой солист Большого театра М.И. Рейзен



Сергей Тимофеевич с любимой внучкой Ирочкой



1949 г. Дважды лауреат
Сталинской премии С.Т. Кишкин

Личный листок
учёту кадров

Иванов Иван Иванович №53

отчество: _____

число и м-ц рождения: 12.5.1908

(село, деревня, город, район, область)



13. Выполненная работа с начала трудовой деятельности (включая учёбу в высших и средних специальных учебных заведениях, военную службу, участие в партизанских отрядах и работу по совместительству)

При записании даты пункта учреждения, организации и предприятий необходимо указывать так, как они назывались в своё время, военную службу записывать с указанием должности.

Места и год	Должность с указанием учреждения, организации, предприятия, и также министерства (подчинства)	Место рождения учреждения, организации, предприятия
3.1943 - 3.1945	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1945 - 12.1945	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1946 - 3.1948	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1948 - 3.1949	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1949 - 3.1950	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1950 - 3.1951	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1951 - 3.1952	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1952 - 3.1953	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1953 - 3.1954	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1954 - 3.1955	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1955 - 3.1956	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1956 - 3.1957	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1957 - 3.1958	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1958 - 3.1959	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1959 - 3.1960	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1960 - 3.1961	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1961 - 3.1962	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1962 - 3.1963	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1963 - 3.1964	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1964 - 3.1965	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1965 - 3.1966	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1966 - 3.1967	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1967 - 3.1968	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1968 - 3.1969	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1969 - 3.1970	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1970 - 3.1971	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1971 - 3.1972	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1972 - 3.1973	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1973 - 3.1974	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1974 - 3.1975	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1975 - 3.1976	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1976 - 3.1977	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1977 - 3.1978	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1978 - 3.1979	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1979 - 3.1980	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1980 - 3.1981	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1981 - 3.1982	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1982 - 3.1983	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1983 - 3.1984	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1984 - 3.1985	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1985 - 3.1986	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1986 - 3.1987	Инженер-конструктор	С.Петербург
3.1987 - 3.1988	Инженер-конструктор	С.Петербург

В конце 40-х годов ВИАМ приступил к исследованию жаропрочных сплавов для газотурбинных двигателей. Жаропрочность лучших для того времени сталей (ЭИ787 и ЭП105) была явно недостаточна. Необходимо было найти новую матричную основу и принципиально иную систему легирования.

Председатель Совета Министров И.В. Сталин лично поручил заместителю начальника ВИАМ С.Т. Кишкину «разработать сплав лучше английского», для чего была организована лаборатория Физики металлов, руководителем которой С.Т. Кишкин оставался в течение нескольких десятилетий до 1988 г.

Лаборатория явилась уникальным исследовательским центром, который решал многие теоретические и практические задачи, связанные с разработкой и промышленным внедрением авиационных сплавов на различных основах. Основным научным направлением, развивавшимся под руководством С.Т. Кишкина, было создание литейных никелевых жаропрочных сплавов, для чего использовали физико-химический фазовый и рентгено-

структурный анализ, электронную микроскопию, радиоизотопные методы исследования, микрорентгеноспектральный и теплофизический анализ. Значительное место в работе лаборатории занимали исследования методами неразрушающего контроля.

С.Т. Кишкин сумел отстоять применение жаропрочных сплавов в производстве лопаток ГТД методом литья. Потребовалась его исключительная настойчивость, чтобы убедить традиционалистов в правильности этого смелого предложения. Н.Д. Кузнецов стал первым Генеральным конструктором, который без колебаний принял литейный жаропрочный сплав ЖСЗ для своего проекта.

Помимо более высокой жаропрочности, главное преимущество лопаток, получаемых методами точного литья, по сравнению со штампованными, стала возможность изготовления охлаждаемых деталей со сложной конфигурацией внутренней полости.

Новая технология, наряду с разработанной С.Т. Кишкиным общей теорией жаропрочности на основе концепций гетерофазности, многокомпонентного легирования, карбидного упрочнения границ зерен, микролегирования, снижения содержания легкоплавких примесей и др., позволила Советскому Союзу стать мировым лидером в области создания газотурбинных двигателей. Внедрение литейного жаропрочного сплава ЖС6-К в 50-е годы XX века вместе с новой технологией литья охлаждаемых лопаток обеспечило повышение рабочей температуры газа перед турбиной на 200°C по сравнению с аналогичным показателем для лопаток, изготовленных методом деформации из лучшего на тот период сплава ЭИ437Б.

За период 1954–1965 гг. созданы литейные жаропрочные сплавы, способные длительно работать при температуре 900°C . По мере дальнейшего совершенствования двигателей рабочая температура сплавов была повышена до 1100°C .

Созданные по инициативе и под руководством С.Т. Кишкина литейные жаропрочные никелевые сплавы и технология точного литья турбинных лопаток создали условия для разработки в СССР высокотемпературных двигателей. Это сыграло решающую роль в становлении отечественной реактивной авиации.

Практически во всех двигателях Генеральных конструкторов (А.М. Люлька, Н.Д. Кузнецова, П.А. Соловьева, А.А. Микулина, С.К. Туманского, В.А. Лотарева, С.П. Изотова и др.) использованы жаропрочные сплавы, созданные под руководством и при непосредственном участии С.Т. Кишкина.

При создании жаропрочных эвтектических сплавов ВКЛС-10, ВКЛС-20 и ВКЛС-20Р с естественной композиционной структурой, упрочненных γ' -фазой и карбидными нитевидными кристаллами с прочностью, близкой к теоретической, в ВИАМ впервые был осуществлен принцип направленной кристаллизации многокомпонентных систем с плоским фронтом роста фаз.



Д.А. Петров

В числе важнейших научных достижений коллектива ученых, руководимого академиком С.Т. Кишкиным, было создание принципиально нового класса жаропрочных материалов и уникальных технологий. Речь идет о сплавах монокристаллического строения с заданной кристаллографической ориентацией – ЖС30М, ЖС32, ЖС36, ЖС40 и о производстве монокристаллических лопаток.

Первые работы по литью монокристаллов в лаборатории Физики металлов были начаты в конце 60-х годов под руководством профессора Д.А. Петрова.



Первые установки для литья монокристаллических лопаток и образцов

Конструкции литых охлаждаемых лопаток газотурбинных двигателей

Поколение двигателей

II



Лопатка с радиально-канальным охлаждением

III



Лопатка с дефлекторным охлаждением

IV



Монокристаллическая лопатка с циклонно-вихровой системой охлаждения

Рабочая температура газа, К

1150

1250

1750

Сплавы, созданные под руководством С.Т. Кишкина для авиационных и ракетных двигателей

Сплав	Год	Область применения
ЖСЗ	1954	Первые отечественные двигатели АНВ-300 Рабочие и сопловые лопатки, створки сопел, цельнолитые роторы, крыльчатка, рычаги, подвески и другие высоконагруженные детали, работающие при температурах 900–1050°C в двигателях авиационной и ракетной техники конструкции А.А. Микулина, А.М. Люлька, Н.Д. Кузнецова, П.А. Соловьева, С.К. Туманского, В.Я. Климова, О.Н. Фаворского, С.П. Изотова, В.А. Лотарева, В.Н. Челомея, М.К. Янгеля и др.
ЖС6	1955	
ЖСЗД	1956	
ЖС6-К	1956	
ЖСЗДК	1961	
ВЖЛ12	1967	
ЖС6У	1969	
ВЖЛ12У	1970	
ЖС6-Ф	1975	
ВКЛС-10	1979	
ЖС16	1980	
ЖС26	1982	
ВКЛС-20	1984	
ЖС30	1985	
ЖС32	1986	
ЖС36	1990	
ЖС40	1992	

Последнее поколение высокожаропрочных сплавов для монокристаллического литья турбинных лопаток, включая сплавы с добавками рения и рутения, создано и продолжает совершенствоваться на основе знаний, полученных несколькими поколениями исследователей лаборатории Физики металлов, возглавлявшейся С.Т. Кишкиным.

Свойства жаропрочных сплавов

Сплав	$\sigma_{100}/\sigma_{1000}$, МПа, при температуре испытания, °С			σ_{-1} ($N=2 \cdot 10^7$ цикл), МПа, при температуре испытания, °С	
	900	1000	1100	20	900
ЖС6У	350/250	170/100	–	140	290
ЖС26	400/280	200/120	90/55	200	320
ЖС32 <001>	475/380	250/165	125/75	250	350
ЖС32 <111>	500/355	280/200	130/80	410	440
ЖС30М	420/320	200/165	120/80	330	310
ЖС36	480/360	255/165	140/90	330	360
ЖС40	440/315	240/165	140/80	320	380

Работа по созданию новых сплавов и технологий не могла быть успешной без глубокой проработки проблем легирования и микролегирования, без детального изучения механизмов разрушения жаропрочных сплавов при высоких температурах. Прорыв в этом направлении обеспечило создание под руководством С.Т. Кишкина новых физических и физико-химических методов исследования, при помощи которых удалось получить важную информацию об особенностях гетерофазного строения жаропрочных сплавов, их фазового состава, состояния внутренних поверхностей раздела, фазовых превращений и свойств вакансий. Разработанные для литейных сплавов методы оказались весьма эффективными в применении и к деформируемым сплавам, предназначенным для производства дисков, камер сгорания, жаровых труб, к сплавам на других основах.



С.Т. Кишкин и А.Т. Туманов (в первом ряду справа) среди лауреатов Ленинской премии в Георгиевском зале Кремля, 1984 г.



1984 г. Лауреаты Ленинской премии А.Т. Туманов и С.Т. Кишкин

Исключительно полезными для разработки сплавов многих систем зарекомендовал себя метод физико-химического фазового анализа, зародившийся в ВИАМ в 1949 году по инициативе С.Т. Кишкина и под руководством Н.И. Блок и Н.Ф. Лашко.



Н.Ф. Лашко среди сотрудников сектора фазового анализа

Этим методом впервые удалось определить состав, количество и кристаллическую структуру γ' -фазы, карбидов, боридов и других фаз во всех созданных в ВИАМ литейных и деформируемых никелевых сплавах, сталях, сплавах на основе алюминия, титана, магния, кобальта и др. Открытие γ' -фазы легло в основу гетерофазной теории, позиции которой отстаивал С.Т. Кишкин вопреки господствовавшей в то время теории гомогенного упрочнения сплавов.

Вникать в тонкие детали строения разрабатываемых сплавов С.Т. Кишкину помогал сектор электронно-микроскопических исследований, организованный в 1955 году. Становлению сектора во многом содействовала самоотверженная работа Э.В. Поляк, Н.С. Герчиковой и Л.П. Сорокиной. Этим сотрудников С.Т. Кишкина без преувеличения знали и благодарили во всей авиационной промышленности за их быструю и всегда эффективную помощь, поскольку своей обязанностью они считали не только чисто научную работу, но и содействие работникам предприятий

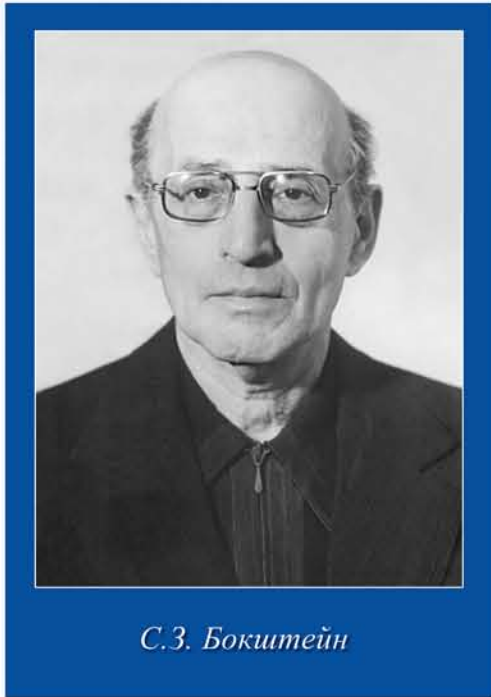
при решении производственных проблем, возникших при внедрении сплавов и их эксплуатации. Позднее в 1985 году к научной и практической деятельности в этом направлении подключились специалисты в области растровой электронной микроскопии.



Растровый электронный микроскоп JSM-840

Когда в передовых лабораториях мира стали появляться приборы для определения локального состава сплавов, С.Т. Кишкин сразу оценил мощные исследовательские возможности микрорентгеноспектрального анализа, Оже- и фотоэлектронной спектроскопии. Необходимые приборы были установлены в 1972 году, и по сей день обновленная аппаратура этого типа с полной нагрузкой работает в ВИАМ. Коллектив исследователей получает на микрорентгеноспектральном анализаторе исключительно ценную информацию о концентрационной неоднородности в многокомпонентных сплавах с локальностью порядка 1 мкм. Высокие стандарты исследований, выполняемых сотрудниками группы, были заложены первыми работниками, проложившими дорогу этому методу в ВИАМ, – одним из них был И.И. Титаренко.

По инициативе С.Т. Кишкина в 1951 году были развернуты работы сектора радиоизотопных исследований, возглавляемого профессором С.З. Бокштейном, 95-летие которого будет отмечаться в 2006 г.



С.З. Бокштейн

Многие оригинальные результаты, полученные здесь методами автордиографии, изучения диффузионных характеристик, помогли разработчикам сплавов составить ясное представление о строении границ зерен в поликристаллических сплавах, закономерностях распределения микродобавок, влиянии легирующих элементов на уровень диффузионной подвижности атомов по границам и в объеме зерен, на термодинамические показатели γ' -фазы.

Работы сектора радиоизотопных исследований, в которых применялись уникальные методы и были получены классные научные результаты, пользовались мировой известностью еще при жизни Сергея Тимофеевича и сразу попадали на страницы ведущих журналов и докладывались на самых авторитетных международных и всесоюзных научных конференциях.

Materials Science and Engineering, A171 (1993)

Model of diffusion coarsening of nickel-base superalloys

Y. Mishin, N. Orekhov and I. R. Russian Institute of Aviation Mater

G. Alyoshin "Plamya" Design Office, Borispol, K

P. Noat National Polytechnique Institute o

Received January 6, 1992; in revised fo

Abstract

The creep resistance of nickel-based superalloys at elevated temperatures is strongly dependent on the structure of the precipitates. The present study is devoted to the development of a model of diffusion coarsening of nickel-base superalloys.

form and that the surface tension α of the γ - γ' inter-phase boundaries does not depend on their crystallographical orientations. Then, the formation of a single hole with a radius r in a γ' lamella causes a change in the surface energy of

$$F_s \approx 2\pi\alpha h_{\gamma'} r - 2\pi\alpha r^2 \quad (1)$$

where $h_{\gamma'}$ is the initial thickness of the lamella.

One can estimate the change in the elastic energy resulting from the appearance of the hole, using the planar section approximation. Let us consider a cylindrical cell which includes two neighbouring layers, with R being the diameter of the cylinder and $h = h_{\gamma'} + h_{\gamma}$ its height. The γ and γ' phases are considered as elastically isotropic media, with the same Poisson's ratio but with different elastic moduli E_{γ} and $E_{\gamma'}$. Then, the elastic energy stored in the cell without a hole is given by

$$W_1 = \frac{1}{2} \sigma^2 \pi R^2 \left(\frac{h_{\gamma}}{E_{\gamma}} + \frac{h_{\gamma'}}{E_{\gamma'}} \right) \quad (2)$$

If we now drill a hole with a radius r in the γ' layer and fill it with the γ material, the thicknesses of the layers, owing to the conservation of the volumes of the γ and γ' phases, change to become

$$h_{\gamma}^* = h_{\gamma} \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right), \quad h_{\gamma'}^* = h_{\gamma'} \left(1 + \frac{r^2}{R^2} \right) \quad (3)$$

We can consider the γ layer with a hole of radius r as a cylindrical cell of diameter $2r$ and height h_{γ}^* . Then, the elastic energy stored in the cell without a hole is given by

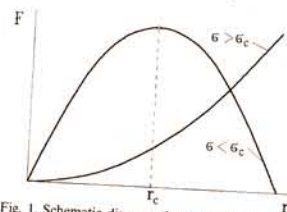


Fig. 1. Schematic diagram showing the total energy of the raft structure as a function of the hole radius: when $\sigma_c < \sigma$, the raft structure is stable against new hole formation; when $\sigma_c > \sigma$, the stability of the raft structure breaks down.

found from the condition $\partial F/\partial r = 0$. This condition gives

$$r_c = h_{\gamma'} \left[\frac{2 - \sigma^2 h_{\gamma'} (E_{\gamma} - E_{\gamma'})^2}{2 \alpha E_{\gamma} E_{\gamma'}^2} \right]^{-1/2} \quad (7)$$

The holes with $r < r_c$ must disappear to minimize the energy. However, the holes with $r > r_c$ must grow unlimitedly. At a high level of applied stress σ , when the elastic energy F_s exceeds E_{γ} , the maximum is smoothed down and $F(r)$ increases at any value of $r > 0$. In this case, we formally have $r_c = \infty$, i.e. all the holes in these layers must eventually disappear. The

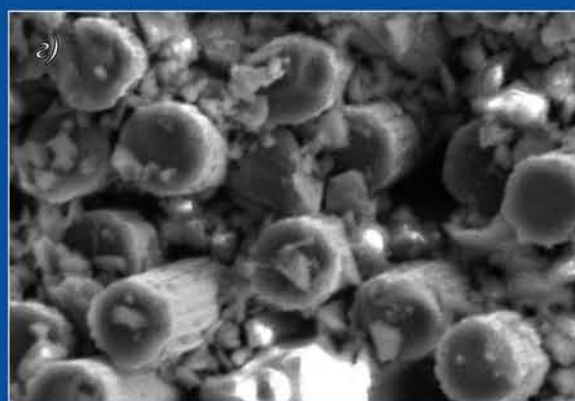
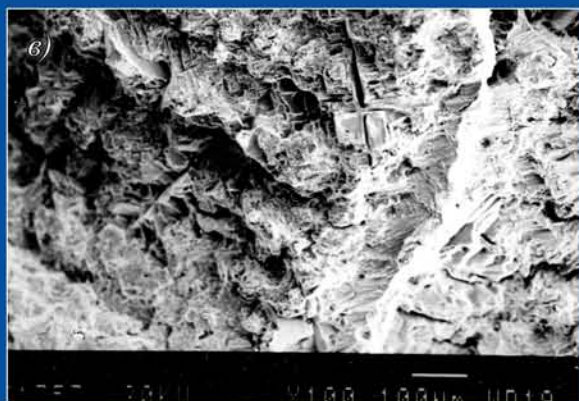
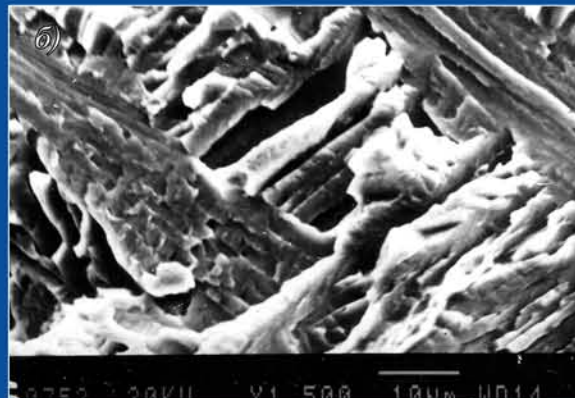
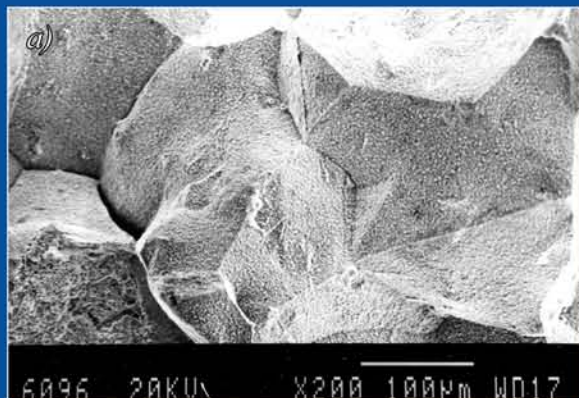
Благодаря заинтересованному отношению С.Т. Кишкина к точным физическим методам исследования, в его лаборатории под руководством Г.М. Ровенского в 1952 году получил развитие рентгеноструктурный метод, который приобрел «прикладной акцент» и сегодня широко используется не только при изучении фаз в металлических системах, но и для определения остаточных напряжений, включая межфазные микронапряжения и микродеформации.



Одна из первых установок
рентгеноструктурного анализа УРС-2

Таким образом, технологи, занимающиеся механической и термической обработкой, сваркой, нанесением защитных и других покрытий, а также ремонтом авиационных изделий после эксплуатации, применяли результаты рентгеноструктурного анализа, которые позволяли им надежно контролировать технологические процессы.

Фрактография также относилась к числу научных направлений, которым отдавал предпочтение С.Т. Кишкин. При его поддержке в ВИАМ профессором Я.Б. Фридманом была создана группа специалистов, активно занимающихся проблемами разрушения материалов, деталей и узлов авиационных и других конструкций.



Поверхности разрушения различных материалов: а – никелевый сплав $\times 200$;
б – титановый сплав $\times 1500$; в – литейный алюминиевый сплав $\times 100$;
г – стеклокерамический композиционный материал $\times 2000$;

Главное в методическом подходе коллектива фрактографистов всегда заключалось в тесном увязывании особенностей разрушения с локальными структурными показателями и составом материала, внешними условиями нагружения и рабочей средой. Возможности фрактографических исследований являются уникальными с точки зрения восстановления истинной картины разрушения. Весомость этого метода как научного и инженерного средства оценки надежности и работоспособности материала в последнее время, благодаря внедрению компьютерной техники и созданию высокоразрешающих приборов анализа строения изломов и состава микрообъемов, значительно возросла.

Придавая большое значение теплофизическим характеристикам разрабатываемых в ВИАМ материалов, которые предназначались для эксплуатации в условиях предельно низких и высоких температур, С.Т. Кишкин немало способствовал зарождению и развитию в 1960 году направления, задача которого первоначально состояла в получении характеристик, необходимых для тепловых расчетов конструкций летательных аппаратов. Однако позднее, увидев большие возможности методов, разработанных исследователями под руководством А.И. Ковалева, С.Т. Кишкин направил основные усилия коллектива на изучение тепловых эффектов, сопровождающих фазовые и структурные превращения, процессы упорядочения и по-разному протекающих в сплавах в зависимости от легирования, технологических параметров их получения и условий эксплуатации. Именно этому направлению суждено было сыграть большую роль в создании многих новых материалов и технологических процессов.



А.И. Ковалев с сотрудниками сектора теплофизических исследований принимает японское оборудование

Творческий потенциал лаборатории, созданной С.Т. Кишкиным, был настолько высок, что способность ее генерировать новые идеи не иссякла даже после того, как от нее «отпочковались» и оформились в виде самостоятельных лабораторий коррозионисты, дефектоскописты и другие научные направления.

Научная школа С.Т. Кишкина вырастила многих специалистов, которые сегодня успешно продолжают его дело в институте и на предприятиях авиационной промышленности. Среди них члены-корреспонденты РАН Р.Е. Шалин и Е.Н. Каблов, доктора технических наук М.Б. Бронфин, И.Л. Светлов, Б.С. Ломберг, В.В. Сидоров, Н.В. Петрушин, А.И. Самойлов, кандидаты технических наук Г.И. Морозова, Н.Г. Орехов, В.В. Герасимов, И.М. Демонис, И.Н. Роцина, Л.В. Проходцева, И.П. Жегина, И.М. Хацинская, В.Г. Чубаров, ведущие специалисты института В.Н. Толораия, Е.Б. Чабина, А.А. Фомин и многие другие. Число его учеников, защитивших кандидатские и докторские диссертации, перевалило за сотню.



Они работали вместе с С.Т. Кишкиным
и сегодня продолжают его дело.

Слева направо, сидят: Г.И. Морозова, М.Б. Бронфин, Е.Н. Каблов,
Б.С. Ломберг, Л.В. Проходцева

Стоят: И.М. Демонис, Н.В. Петрушин, О.Б. Титмофеева, В.Г. Чубаров,
В.В. Герасимов, В.В. Сидоров, Н.Г. Орехов, И.Л. Светлов, В.Н. Толораия,
Е.Б. Чабина, И.М. Хацинская

Заслуги Сергея Тимофеевича перед отечественной наукой несомненны. Они состоят и в том, что он сумел создать в ВИАМ школу металлофизиков, отличающуюся нестандартным подходом к решению фундаментальных и прикладных проблем в области разработки авиационных материалов.

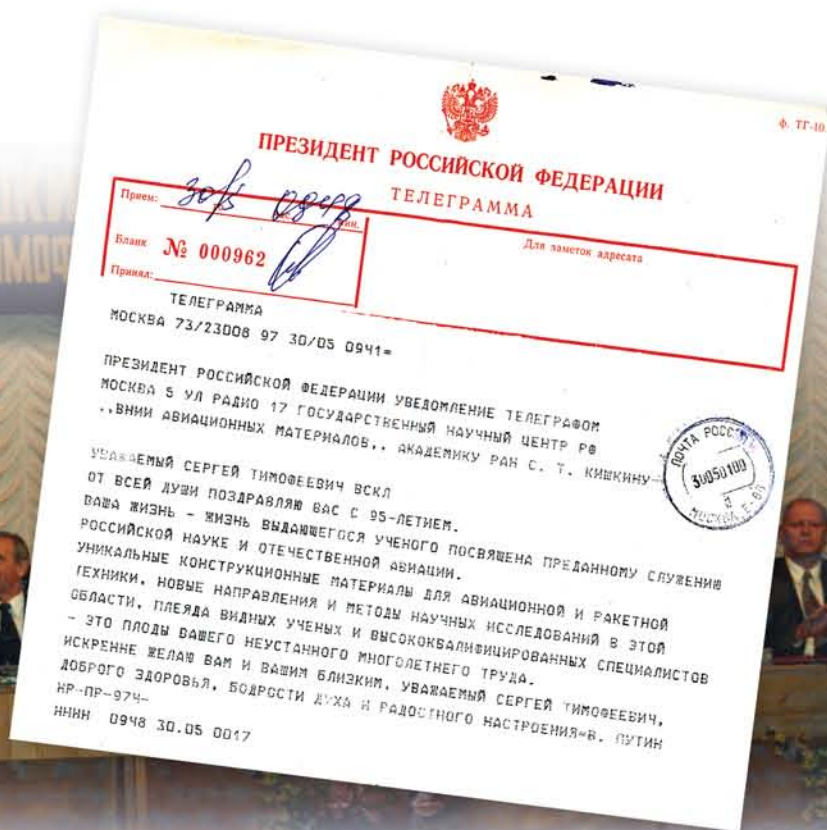
Современные достижения научной школы академика С.Т. Кишкина в области фундаментальных и прикладных исследований связаны с созданием под руководством члена-корреспондента РАН Е.Н. Каблова монокристаллических жаропрочных никелевых сплавов нового поколения, легированных рением и рутением, а также сплавов на интерметаллидной основе, работоспособных до температуры 1250°C: ЖС47, ЖС55, ЖС49, ВЖМ-1, ВЖМ-2, ВЖМ-3, ВЖМ-4, ВКНА-1В, ВКНА-25. К основным исследованиям в области разработки жаропрочных сплавов относятся также: металлургические процессы вакуумной выплавки особо чистых сплавов с узким интервалом легирования, компьютерное конструирование сплавов, экспериментальная оценка локального элементного состава, эффекты ликвации и распределения элементов между фазовыми составляющими, прецизионное определение параметров кристаллических решеток фаз и их размерного несоответствия, особенности фазовых превращений, фазового состава и микроструктуры, включая их связь с длительной высоко-температурной прочностью.

Свойства жаропрочных монокристаллических сплавов нового поколения

Сплав	$\sigma_{100}/\sigma_{1000}$, МПа			σ_{-1} ($N=2 \cdot 10^7$ цикл), МПа
	при температуре испытания, °C			
	900	1000	1100	900
ВЖМ-1	585/450	330/215	165/95	370
ЖС55	600/410	350/215	180/105	370
ВЖМ-2	600/460	350/215	170/110	—
ЖС32У (ВЖМ-3)	460/350	265/160	120/75	340
ВЖМ-4	590/405	305/200	180/115	—



С.Т. Кишкин в день празднования его 95-летия



На основе глубокой научной проработки базовых проблем легирования, вакуумной выплавки и строения монокристаллов были созданы высокорениевые жаропрочные никелевые сплавы, а также высокоградиентная технология монокристаллического литья лопаток высокого структурного совершенства при заданных аксиальной и азимутальной кристаллографических ориентациях с высокой эффективностью охлаждения ($\Theta=0,8$ вместо $\Theta=0,65$). Этот научно-технический задел обеспечивает создание газотурбинного двигателя с соотношением тяги к массе 20:1 (вместо 9:1) и температурой газа перед турбиной 2000–2200 К вместо 1750 К.

Монокристаллическая лопатка из сплава ВЖМ-4 с транстирационным охлаждением



Областью применения новых материалов и технологий является современная авиационная техника, энергетика, силовые установки, магистральные средства перекачки нефти и газа.



Особое внимание сегодня уделяется руководством института оснащению лабораторий и производственных подразделений ВИАМ самым современным и производительным научным и технологическим оборудованием.



Оптический спектрометр ARL-4460 для определения химического состава сплавов



Пьезогониометр 2991G2 фирмы Rigaku для определения кристаллографической ориентации монокристаллов и текстурных характеристик поликристаллов



*Рентгеновская установка PSF-3M фирмы Rigaku
для определения остаточных напряжений*



*Сверхмощный дифрактомер D/MAX-2500
фирмы Rigaku для рентгеноструктурных исследований*



*Просвечивающий микроскоп JEM-200CX фирмы JEOL (Япония)
с разрешающей способностью 0,2 нм и
максимальным рабочим увеличением $\times 300000$*



*Многоцелевая установка ESCALAB-5 для исследования состояния поверхности
металлов методом Оже-, фотоэлектронной и ультрафиолетовой спектроскопии*



*Комплекс установок для литья монокристаллов методом высокотемпературной направленной кристаллизации.
Центр им. академика С.Т. Кишкина*



*Вакуумная индукционная печь VIM-50 фирмы ALD (Германия)
для выплавки жаропрочных сплавов*



*Плавильно-заливочная установка
УВНК-9 для отливки монокристаллических лопаток*



*Установка УВНС-5 для высокоградиентной
направленной кристаллизации жаропрочных сплавов*



Плавильно-заливочная установка УВНК-14 для отливки крупногабаритных монокристаллических лопаток



Установка МАП-2 для нанесения ионно-плазменных защитных покрытий на лопатки газовых турбин

Ключевым направлением кадровой политики в институте является подготовка молодых научных кадров – в ВИАМ имеется аспирантура, в системе которой для наиболее отличившихся аспирантов учреждены именные стипендии С.Т. Кишкина и других выдающихся ученых. Работают факультеты МАТИ им. Э.К. Циолковского, РХТУ им. Д.И. Менделеева, Московского государственного вечернего металлургического института. Молодые ученые активно привлекаются к исследованиям и бок о бок с многоопытными кадрами трудятся в областях, представляющих передний край современного материаловедения и технологических разработок.

*Молодые ученые, удостоенные стипендии
им. академика С.Т. Кишкина (2006 г.)*



Н.В. Миронова



А.Р. Нарский

Благодаря этому ВИАМ сегодня сохраняет свой высокий научно-технический потенциал и лидирующую роль в разработке новых сплавов и технологических процессов.

Конференция молодых ученых в ВИАМ

Материалы и технологии для
авиационно-космической
техники – 2005 г.





Авторский коллектив

*Е.Н. Каблов
М.Б. Бронфин
Г.И. Морозова
Н.В. Петрушин
И.С. Кишкина*

Оформление

*А.П. Кучеровский
А.К. Кривушин
Д.С. Трушин*

*Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт
авиационных материалов»*

*Государственный научный центр Российской Федерации
(ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ)*

105005, Москва, ул. Радио, 17

Телефоны: 267-8677, 263-8725

Факс: 267-86-09

E-mail: admin@viam.ru

Internet: www.viam.ru