

НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ ПРОФЕССОРА Ю.В. СОКОЛКИНА

А.А. Ташкинов, *Пермский национальный исследовательский политехнический университет*

А.А. Чекалкин, *Пермский национальный исследовательский политехнический университет*

Для цитирования:

Ташкинов А.А., Чекалкин А.А. Научное наследие профессора Ю.В. Соколкина // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2024. – № 1. – С. 72–81. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2024.1.9>



*Соколкин Юрий Викторович
(1938–2020)*

Соколкин Юрий Викторович – выдающийся российский ученый-механик, профессор, доктор физико-математических наук, заслуженный деятель науки РФ. В статье представлен обзор основных научных результатов работы Ю.В. Соколкина в области механики композиционных материалов и конструкций, физического и математического моделирования, аэрокосмической техники и высоких технологий. Названия разделов данной статьи, за исключением первого, соответствуют названиям научных монографий с участием Ю.В. Соколкина, которые представлены в хронологическом порядке, а первый раздел обзора посвящен содержанию диссертационной работы, выполненной Юрием Викторовичем Соколкиным в Институте механики сплошных сред УНЦ АН СССР. Каждый раздел статьи, кроме ссылки на

библиографическое описание научной монографии, содержит также ссылки на статьи с участием Соколкина Ю.В., в которых были частично опубликованы или получили дальнейшее развитие научные результаты, представленные в соответствующей монографии. Поскольку профессор Соколкин Ю.В. является автором более чем ста пятидесяти научных работ, то данный обзор не является полным и исчерпывающим, целью было отразить именно те направления, которые получили несомненное признание научного сообщества, нашли практическое применение и успешно используются в настоящее время, стали основой диссертационных работ, выполненных его учениками.

Ключевые слова: *механика композиционных материалов, физическое и математическое моделирование, аэрокосмическая техника, высокие технологии.*

Введение

Соколкин Юрий Викторович – выдающийся российский ученый-механик, профессор, доктор физико-математических наук, заслуженный деятель науки РФ, родился в поселке Михайловский (Свердловская область, 1938), учился на механико-математическом факультете Уральского государственного университета (Свердловск, 1955–1960) и в аспирантуре Математического института АН СССР (Свердловское отделение, 1964–1968), работал инженером на Свердловском машиностроительном заводе имени М.И. Калинина (1960 – 1964), кандидат физико-математических наук (1969), научный руководитель – профессор С.Д. Волков (1919–1980). В 1969 г. Ю.В. Соколкин переехал в Пермь, где работал научным сотрудником в Пермском политехническом институте (1969), старшим научным сотрудником в Отделе физики полимеров УНЦ АН СССР (1970) и заведующим лабораторией «Физического и математического моделирования» (лаборатория №2) в Институте механики сплошных сред УНЦ АН СССР (1971–1984). За время работы в Институте механики сплошных сред Ю.В. Соколкин стал старшим научным сотрудником по специальности «Механика деформированного твердого тела» (1974), доктором физико-математических наук (1983) и профессором по специальности «Механика деформированного твердого тела» (1983). Начиная с 1984 по 2020 годы, Ю.В. Соколкин работал в Пермском национальном исследовательском политехническом университете, где возглавлял кафедру механики композиционных материалов и конструкций (1984–2015), был деканом аэрокосмического факультета (1993–2003) и профессором кафедры механики композиционных материалов и конструкций (2015–2020), умер и похоронен в Перми (2020). В книге очерков о выдающихся ученых Пермского национального исследовательского политехнического университета «Такие близкие звезды» Соколкину Юрию Викторовичу посвящена глава «Родом из юности» [1, с. 123–150].

Стохастические краевые задачи механики композитов

В диссертации Ю.В. Соколкина на соискание ученой степени доктора физико-математических наук [2] предложены стохастические модели композитов, введены основные связанные с темой понятия, описаны типы случайных полей и их свойства, дано стохастическое описание структуры композита. Определены структурные физические величины для вырожденной модели, локально-эргодической модели класса B_2 и квазилокально-эргодических моделей классов B_2 и B_3 . Сформулирована краевая задача механики композитов для локально-эргодической модели микронеоднородного деформируемого твердого тела, в рамках гипотез о макрооднородности и квазиизотропии микронеоднородной сплошной среды получено каноническое разложение модулей упругости макрооднородной квазиизотропной среды. Сформулирована краевая задача теории упругости второго типа при конечных дисперсиях физических свойств среды, вычислены статистические моменты высших порядков пространственного функционала и определены эффективные модули упругости хаотично армированных волокнистых композитов, а также эластомерных композитов с жесткими и податливыми сферическими включениями. Исследовано распределение полей структурных деформаций и напряжений в составных осесимметричных конструкциях сложной формы, в рамках локально-эргодической модели микронеоднородной среды выполнен анализ составных систем при действии давления: абсолютно жесткая оболочка – наполнитель с плоскими торцами, ортотропная оболочка – наполнитель с плоскими торцами, ортотропная оболочка – наполнитель с криволинейными торцами, ортотропная оболочка – наполнитель сложной формы. Численное исследование структурных деформаций и напряжений в пространственных краевых задачах механики композитов для локально-эргодической модели микронеоднородной среды предполагало постановку

краевой задачи теории упругости в моментных функциях первого порядка, построение трехмерных криволинейных сеток естественной геометрии, вывод и исследование уравнений в естественных криволинейных координатах для трехмерной конечно-элементной схемы с оценкой погрешности аппроксимации уравнений Ламе. Проведена априорная оценка и обусловленность трехмерной конечно-элементной схемы в естественных криволинейных координатах, предложены блок-схемы и вычислительные алгоритмы определения трехмерных полей структурных деформаций и напряжений для микронеоднородной среды. Выполнено численное моделирование структурных деформаций и напряжений в плоских краевых задачах теории упругости для неоднородных тел сложной криволинейной формы и трехмерных пространственных тел сложной формы. Дальнейшее развитие постановок и методов решения краевых задач теории упругости для микронеоднородных сред связано с учетом несовершенств формы и разброса свойств структурных компонентов. Для этого была проведена оценка связи между средними значениями физических величин по координатам и реализациям, которая позволила обосновать использование квазилокально-эргодической модели для описания микронеоднородной среды, в том числе и для случайных граничных условий. Полученные новые результаты позволили определить не только макроскопические модули упругости композитов, но и дисперсии упругих свойств локально-эргодической и квазилокально-эргодической микронеоднородной среды, что позволило сформулировать принцип локальности и предложить метод локального приближения для задач механики микронеоднородных сред. Следующий этап развития данного подхода был связан с обобщением краевых задач теории упругости для вязкоупругих микронеоднородных сред при случайных нагрузках. Обоснован метод и предложен принцип построения уравнений в моментных функциях для статистических задач вязкоупруго-

сти. Постановка краевой задачи для уравнений в моментных функциях и метод решения были успешно реализованы в рамках нелинейной теории вязкоупругости. Получены решения задач о релаксации напряжений в нелинейном вязкоупругом стержне и о ползучести нелинейной вязкоупругой балки, изгибаемой случайным моментом. Дальнейшее развитие нелинейной стохастической краевой задачи вязкоупругости было связано с использованием вырожденной и локально-эргодической моделей деформированного твердого тела. Деформирование композита рассматривалось в рамках теории случайных процессов, с целью построения физических уравнений для вырожденной модели предложен метод идентификации, а статистический анализ процессов ползучести или релаксации проводился на основе совокупности реализаций, отдельно исследовано влияние погрешности физического эксперимента на рассеивание результатов испытаний. Полученные решения нелинейных краевых статистических задач вязкоупругости микронеоднородных тел для вырожденной и локально-эргодической моделей позволили провести оценку надежности конструкций в условиях простой ползучести. Оценка работоспособности композитных конструкций на основе стохастических критериев разрушения имела важное практическое значение. Математическое моделирование разрушения микронеоднородных сред с повреждаемой микроструктурой, обобщение статистических критериев разрушения сред с микроповреждениями позволили оценить работоспособность систем «оболочка – наполнитель». Представленные в диссертации [2] основные результаты ранее были опубликованы в научных журналах [3–8], серии научно-технических отчетов о НИР и НИОКР, а также в научных сборниках УНЦ АН СССР.

Гравитационная классификация зернистых материалов (1974)

В научной монографии [9] обобщается теория и практика гидравлической и воздушной классификации зернистых материалов в гравитационном поле. Описыва-

ются конструкции новых отечественных и зарубежных гидравлических и воздушных классификаторов. Дается описание гравитационной классификации как стохастического явления, а также приводится анализ основных закономерностей разделения с учетом конструкции аппарата, взаимодействия частиц между собой и со стенками аппарата. Приводятся методики расчета гидравлических и воздушных гравитационных классификаторов. Основные разделы посвящены следующим вопросам: общие сведения и основные типы гравитационных классификаторов, физические основы гравитационной классификации, автомодельность процессов гравитационной классификации, критерии качества процессов разделения, соотношение критериальных методов оценки качества классификации и кривых разделения, динамическая модель гравитационной классификации, кинетическая модель гравитационной классификации, принципы рациональной организации и направления совершенствования процесса гравитационной классификации, методика расчета гравитационных классификаторов, стохастическая модель гравитационной классификации. Представленные в монографии [9] основные результаты частично опубликованы в научных статьях [10–13].

Механика деформирования и разрушения структурно неоднородных тел (1984)

В научной монографии [14] исследуются особенности поведения структурно неоднородных материалов и конструкций из них при действии статических нагрузок. Построены модели и рассмотрены постановки и методы решения стохастических краевых задач механики деформирования и разрушения. Получены новые результаты по прогнозированию макросвойств и расчету микронапряжений и микродеформаций для сред со случайной и регулярной структурой, по изучению связи процессов микро- и макроразрушения. Приведены экспериментальные данные. Основные разделы посвящены следующим вопросам: модели и ограничения структурно неоднородных сред,

стохастические задачи теории упругости структурно неоднородных сред, метод локального приближения, краевые задачи теории упругости и вязкоупругости при случайных нагрузках, стохастические модели деформирования и разрушения структурно неоднородных сред, оценка работоспособности конструкций из композиционных материалов на основе структурных критериев разрушения. Представленные в монографии [14] основные результаты частично опубликованы и получили развитие в научных статьях [15–21].

Волокнистые композиционные материалы на основе титана (1990)

В научной монографии [22] изложены современные технологические методы армирования сплавов на основе титана металлическими и неметаллическими волокнами, даны конкретные рекомендации, позволяющие свести к минимуму начальную поврежденность микроструктуры композиций и обеспечивающие сохранность армирующих элементов. Предлагается теория деформирования однонаправленных композиционных материалов с непрерывными волокнами. Построены новые статистические модели деформирования и разрушения композитов. Разработанные модели и методы проиллюстрированы примерами. Основные разделы посвящены следующим вопросам: структура и свойства титана и его сплавов, армирование титана и его сплавов металлическими и неметаллическими волокнами, армирование титановых сплавов волокнами бора и бора с покрытием карбида кремния, метод сварки взрывом и его применение для создания волокнистых композиционных материалов на основе титана, теория деформирования однонаправленных волокнистых композитов, статистические модели микромеханики деформирования и разрушения композитов, моделирование механического поведения волокнистых композитов на основе титана. Представленные в монографии [22] основные результаты получили развитие в научных статьях [23–27] для порошковых материалов на основе железа.

*Технология и проектирование
углерод-углеродных композитов
и конструкций (1996)*

В научной монографии [28] изложены основы технологии создания углерод-углеродных композитов и методы прогнозирования их деформационных, прочностных и теплофизических свойств. В первой главе приведены типы и структуры углеродных волокон, а также их свойства и технологии изготовления. Во второй главе изложены основные принципы конструирования армирующих систем и каркасов. Приведены основные схемы армирования углерод-углеродных материалов с различной ориентацией армирующих элементов, широко применяемые на практике. В третьей главе рассмотрены вопросы формирования углеродной матрицы и композитного материала в целом. Приведены основные типы углеродной матрицы и влияния технологических параметров процесса на ее структуру. Рассмотрено влияние исходной матрицы и легирования на свойства углеродного композита. В четвертой главе приведены физико-механические свойства и структура углеродных композитов при комнатной и повышенной температуре. Большое внимание уделено вопросам влияния пористости и вида армирования на характеристики материала. Рассмотрены вопросы разрушения и трещиностойкости углерод-углеродных композитов. В пятой главе рассматриваются методы осреднения в краевых задачах механики углерод-углеродных композитов, а также осреднение стохастической задачи микромеханики на основе модели однородной среды методом локального приближения и методом периодических составляющих. Проведена оценка влияния дискретного и непрерывного разбросов упругих свойств армирующих волокон на механическое поведение однонаправленного углеродного композита, исследовано критическое деформирование и разрушение углерод-углеродного материала. В шестой главе изложены методы прогнозирования деформационных свойств углерод-углеродных материалов. В рамках

структурно-феноменологического подхода рассмотрены модели деформирования пространственно армированных композитов и получены определяющие соотношения для различных структур. Приведены результаты численного прогнозирования упругих свойств углеродной матрицы и композита в целом. Разработан подход, позволяющий описывать кривые деформирования с учетом ниспадающего участка. В седьмой главе в рамках многоуровневого подхода рассмотрены вопросы прогнозирования прочностных свойств и трещиностойкости углеродных композитов. Разработаны методы численного построения предельных поверхностей и критериев соотношений для углеродного материала на основе сплайн-аппроксимации. Приведены результаты численного прогнозирования предельных характеристик тканых слоистых композитов с углеродной матрицей. В заключительной главе содержатся результаты численного исследования механического поведения и несущей способности оболочечных конструкций и осесимметричных тел из углерод-углеродных композитов при действии нестационарных силовых нагрузок. Найдены поля напряжений и деформаций, показаны зоны разрушения композитных конструкций. Представленные в монографии [28] основные результаты частично опубликованы и получили развитие в научных статьях [29–31].

*Механика неупругого
деформирования и разрушения
композиционных материалов (1997)*

В научной монографии [32] исследованы закономерности и модели процессов накопления повреждений, критического деформирования и структурного разрушения композиционных материалов при квазистатическом нагружении. Рассмотрены постановки, методы и результаты решения стохастически и физически нелинейных краевых задач механики деформирования и разрушения структурно-неоднородных сред. Изучены вопросы устойчивости процессов деформирования в зави-

симости от характеристик нагружающих систем. Получены новые результаты по прогнозированию эффективных свойств, расчету микронапряжений и микродеформаций для сред со случайной и периодической структурой. Основные разделы посвящены следующим вопросам: закономерности и модели процессов деформирования и разрушения композиционных материалов, структурно-феноменологическая модель механики микронеоднородных сред, краевые задачи теории упругости композитов со случайной структурой, метод периодических составляющих, метод локального приближения, краевая задача механики неупругого деформирования и разрушения структурно-неоднородных тел, математическое моделирование процессов микро- и макроразрушения композиционных материалов, упругое деформирование и структурное разрушение слоистых композитов, краевая задача механики устойчивого закритического деформирования и разрушения поврежденных тел с зонами разупрочнения, устойчивое закритическое деформирование материалов в элементах конструкций, закритическое деформирование элементов структуры композиционных материалов. Представленные в монографии [32] основные результаты частично опубликованы и получили развитие в научных статьях [33–37].

Электроупругость пьезокомпозитов с нерегулярными структурами (2003)

В научной монографии [38] представлены результаты теоретических исследований свойств и закономерностей поведения нового класса пьезоэлектриков и пьезомагнетиков – пьезоактивных композитов – на основе решения стохастических связанных краевых задач термоэлектроупругости для неоднородных нерегулярных сред с пьезоактивными анизотропными элементами структуры. Проведен численный анализ совместного влияния разупрочненности, геометрии и величины относительного объемного содержания эллипсоидальных пор и включений на эффективные пьезомеханические свойства,

значения инвариантов напряжений в каркасах пористых пьезокерамик и кривые намагниченности магнитокерамик, выявлены новые эффекты. Основные разделы посвящены следующим вопросам: структурно-феноменологический подход в механике композитов, стохастическая краевая задача для двухфазных квазипериодических пьезоструктур, решение стохастической краевой задачи электроупругости для квазипериодических пьезокомпозитов в реализациях случайных полей, локальные стохастические поля и локально-осредненные краевые задачи для многофазных случайных структур. Представленные в монографии [38] основные результаты частично опубликованы и получили развитие в научных статьях [39–42].

Газоупругие процессы в энергетических установках (2007)

В научной монографии [43] рассматривается газоупругий подход к расчету колебательных режимов в энергетических установках. Предлагаются методологические и методические основы данного подхода, определены области его применения. Разработаны физическая и математическая модели процесса, унифицированный алгоритм и метод решения. Приводятся расчеты для нелинейной динамической системы «поток газа – горение – деформируемая многослойная конструкция». Получены условия возникновения резонансных колебательных режимов в энергетических установках. Приводится анализ влияния геометрических, физико-механических, массовых характеристик конструкции, параметров нагрузки и вида испытаний на параметры колебаний давления газа в свободном объеме. Основные разделы посвящены следующим вопросам: проблемы идентификации и учета газоупругих процессов в энергетических установках, методологические основы анализа газоупругих процессов в энергетических установках, методические основы анализа газоупругих процессов в энергетических установках, моделирование динамического напряженно-деформирован-

ного состояния конструкции большого удлинения, моделирование нерезонансных процессов газопругости в энергетических установках с учетом жесткости нагружающей системы, моделирование резонансных режимов газопругого взаимодействия в энергетических установках с учетом жесткости нагружающей системы. Представленные в монографии [43] основные результаты частично опубликованы и получили развитие в научных статьях [44–46].

Технологическая механика топливных магистралей жидкостных ракетных двигателей (2009)

В научной монографии [47] представлены результаты исследований по особенностям конструирования и технологии производства сварных магистралей подачи горючего и окислителя жидкостных ракетных двигателей. На примере конструкции двигателя РД-275 проведен комплексный анализ механического поведения сварных металлических трубопроводов сложной пространственной конфигурации, включающий экспериментальное исследование упругопластического поведения легированных жаропрочных сталей, определение комплекса прочностных свойств и характеристик трещиностойкости сварных соединений. Приведены также результаты пространственного математического моделирования магистралей подачи топлива и окислителя в различных режимах статического и динамического нагружения. Основные разделы посвящены следующим вопросам: конструкции магистралей подачи горючего и окислителя жидкостного ракетного двигателя РД-275, технология изготовления магистралей подачи горючего и окислителя жидкостного ракетного двигателя РД-275, экспериментальные методы исследования прочности и трещиностойкости сварных соединений, экспериментальные исследования прочностных и жесткостных характеристик материала трубопроводов – хромоникелевой стали 12Х21Н5Т, моделирование механического поведения и расчет несущей способности топливных магистралей жидкостного ракетного двигателя

РД-275. Представленные в монографии [47] основные результаты частично опубликованы и получили развитие в научных статьях [48–50].

Заключение

Научные интересы Юрия Викторовича Соколкина всегда были разноплановы и разнообразны, он выдвигал новые направления исследований и активно подключался к актуальным прикладным задачам, уделял большое внимание подготовке научных и инженерных кадров высшей квалификации. На официальном сайте Пермского национального исследовательского политехнического университета размещена презентация о профессоре Ю.В. Соколкине [51], электронная презентация доступна по ссылке: <https://pstu.ru/files/2/file/kafedra/akf/mkmk/Sokolkin.pdf> или по QR-коду, размещенному в конце статьи. Поскольку Юрий Викторович является автором более чем ста пятидесяти научных работ, то данный обзор не является полным и исчерпывающим, целью было отразить именно те направления, которые получили несомненное признание научного сообщества, нашли практическое применение и успешно используются в настоящее время, стали основой диссертационных работ, выполненных его учениками. Деятельность Ю.В. Соколкина отмечена государственными наградами – орденом «Знак Почета» (1983), почетным званием «Заслуженный деятель науки Российской Федерации» (1998) и орденом Дружбы (2004), а также многочисленными отраслевыми наградами, почетными грамотами, званиями и премиями в области науки и образования.



Соколкин QRcode.png

Библиографический список

1. Журавлев С.Ф. Такие близкие звёзды. – Пермь: Книжная площадь, 2003. – 152 с.
2. Соколкин Ю.В. Стохастические краевые задачи механики композитов / дис. докт. физ.-мат. наук: 01.02.04. – Пермь, ИМСС УНЦ АН СССР, 1981. – 434 с.
3. Волков С.Д., Соколкин Ю.В. О нелинейной ползучести пластиков при случайных нагрузках // Механика полимеров. – 1968. – № 2. – С. 237–245. <https://doi.org/10.1007/BF00855616>.
4. Соколкин Ю.В. Ползучесть нелинейной вязкоупругой балки, изгибаемой случайным моментом // Механика полимеров. – 1968. – № 4. – С.132–140. <https://doi.org/10.1007/BF00855775>.
5. Елтышев В.А., Поздеев А.А., Соколкин Ю.В. Напряженно-деформированное состояние цилиндра с криволинейными торцами, скрепленного с ортотропной стеклопластиковой оболочкой // Механика полимеров. – 1976. – № 2. – (Деп. в ВИНТИ № 203-76 от 03.02.76). – С. 8.
6. Елтышев В.А., Поздеев А.А., Соколкин Ю.В. О совместной работе системы ортотропная стеклопластиковая оболочка – наполнитель // Механика полимеров. – 1976. – № 5. – С. 931–934. <https://doi.org/10.1007/BF00856351>.
7. Леонтьев В.А., Олейник Б.Д., Перевозчиков В.Г., Соколкин Ю.В. Установка для испытания на прочность колец из композиционных материалов // Механика полимеров. – 1977. – № 6. – С. 1119–1121. <https://doi.org/10.1007/BF00867011>.
8. Соколкин Ю.В., Фрейнд В.Г. Динамическое нагружение полого цилиндра случайным внутренним давлением // Механика полимеров. – 1975. – № 5. – (Деп. в ВИНТИ №1307-75 от 14.05.75). – С. 954.
9. Барский М.Д., Ревнищев В.И., Соколкин Ю.В. Гравитационная классификация зернистых материалов. – М.: Недра, 1974. – 232 с.
10. Барский М.Д., Соколкин Ю.В. Нестационарные процессы гравитационной классификации // Известия вузов. Горный журнал. – 1970. – № 3. – С. 142–146.
11. Барский М.Д., Соколкин Ю.В. О построении стохастической модели процесса гравитационной классификации // Известия вузов. Горный журнал. – 1968. – № 7. – С. 168–171.
12. Барский М.Д., Соколкин Ю.В. Стохастическая модель гравитационной классификации в турбулентном противопотоке // Известия вузов. Горный журнал. – 1969. – № 12. – С. 168–171.
13. Барский М.Д., Соколкин Ю.В. Стохастическая модель процесса равновесной классификации в восходящем ламинарном потоке // Известия вузов. Горный журнал. – 1969. – № 7. – С. 156–158.
14. Соколкин Ю.В., Ташкинов А.А. Механика деформирования и разрушения структурно неоднородных тел. – М.: Наука, 1984. – 116 с.
15. Соколкин Ю.В., Ташкинов А.А. Исследование статических задач механики структурно неоднородных сред на основе принципа локальности // Известия Академии наук СССР. Механика твёрдого тела. – 1982. – № 3. – С. 175–182.
16. Sokolkin Yu.V., Skachkov V.A. A structural approach for estimating the efficiency of structural elements made out of composite materials // Mechanics of composite materials. – 1982. – Т. 17. – № 4. – С. 408–414. <https://doi.org/10.1007/BF00605906>.
17. Sokolkin Yu.V., Tashkinov A.A. Statistical models of deformation and failure of composites // Mechanics of composite materials. – 1985. – Т. 20. – № 5. – С. 585–590. <https://doi.org/10.1007/BF00610607>.
18. Anoshkin A.N., Sokolkin Yu.V., Tashkinov A.A. Microstress fields and the mechanical properties of disordered fiber composites // Mechanics of composite materials. – 1991. – Т. 26. – № 5. – С. 628–633. <https://doi.org/10.1007/BF00616643>.
19. Sokolkin Yu.V., Postnykh A.M., Chekalkin A.A. Probabilistic model of the strength, crack resistance and fatigue life of a unidirectionally reinforced fibrous // Mechanics of composite materials. – 1992. – Т. 28. – № 2. – С. 133–139. <https://doi.org/10.1007/BF00613319>.
20. Sokolkin Yu.V., Volkova T.A. Multipoint moment functions of stress and strain distributions in stochastic composites // Mechanics of composite materials. – 1992. – Т. 27. – № 4. – С. 429–435. <https://doi.org/10.1007/BF00613572>.
21. Anoshkin A.N., Sokolkin Yu.V., Tashkinov A.A. Inelastic deformation and fracture of disordered fiber-reinforced composites // Mechanics of composite materials. – 1994. – Т. 29. – № 5. – С. 458–463. <https://doi.org/10.1007/BF00611948>.
22. Анциферов В.Н., Соколкин Ю.В., Ташкинов А.А., Людаговский А.В., Ханов А.М. Волокнистые композиционные материалы на основе титана. – М.: Наука, 1990. – 136 с.
23. Antsiferov V.N., Sokolkin Y.V., Shestakov P.D., Kuprin P.B. Optimization of the technology of obtaining titanium alloy VT-6 the criterion of endurance // Soviet powder metallurgy and metal ceramics. – 1989. – Т. 28. – № 5. – С. 421–423. <https://doi.org/10.1007/BF00795051>.
24. Анциферов В.Н., Соколкин Ю.В., Чекалкин А.А., Бабушкин А.В. Численная модель циклической долговечности порошкового материала // Порошковая металлургия. – 1994. – № 5–6. – С. 112–118. <https://doi.org/10.1007/BF00560207>.

25. Анциферов В.Н., Бабушкин А.В., Масленников Н.Н., Соколкин Ю.В., Шацов А.А., Чекалкин А.А. О влиянии углерода на конструкционную прочность и усталостную выносливость никельмолибденовой порошковой стали // *Металлы*. – 1996. – № 4. – С. 62–68.
26. Соколкин Ю.В., Чекалкин А.А., Бабушкин А.В. Прогнозирование физических и механических свойств порошковых и армированных высокопрочными волокнами металлических материалов // *Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия*. – 1995. – № 2. – С. 53–57.
27. Antsiferov V.N., Babushkin A.V., Sokolkin Yu.V., Shatsov A.A., Chekalkin A.A. Features of powdered material deformation with cyclic loading // *Powder metallurgy and metal ceramics*. – 2001. – Т. 40. – № 11–12. – С. 569–572.
28. Технология и проектирование углерод-углеродных композитов и конструкций / Ю.В. Соколкин, А.М. Вотинцов, А.А. Ташикинов, А.М. Постных, А.А. Чекалкин. – М.: Наука. Физматлит, 1996. – 240 с.
29. Sokolkin Yu.V., Kotov A.G., Chekalkin A.A. Structural multistage model of the bearing capacity of carbon-carbon laminate shells // *Mechanics of composite materials*. – 1994. – Т. 30. – № 1. – С. 55–60. <https://doi.org/10.1007/BF00612734>.
30. Sokolkin Yu.V., Chekalkin A.A., Kotov A.G. A structural multiscale approach to the design of spatially reinforced carbon-carbon composites // *Mechanics of composite materials*. – 1995. – Т. 31. – № 2. – С. 143–148. <https://doi.org/10.1007/BF00616282>.
31. Соколкин Ю.В., Аношкин А.Н., Котов А.Г., Чекалкин А.А. Информационная система «Композиционные материалы и конструкции» // *Механика композиционных материалов и конструкций*. – 1996. – Т. 2. – № 1. – С. 91–93.
32. Вильдеман В.Э., Соколкин Ю.В., Ташикинов А.А. Механика неупругого деформирования и разрушения композиционных материалов. – М.: Наука. Физматлит, 1997. – 288 с.
33. Vil'deman V.E., Sokolkin Yu.V., Tashkinov A.A. Predicting inelastic deformation and failure of laminated composites // *Mechanics of composite materials*. – 1992. – Т. 28. – № 3. – С. 214–221. <https://doi.org/10.1007/BF00604912>.
34. Sokolkin Yu.V., Vil'deman V.E. Post-critical deformation and failure of composite materials // *Mechanics of composite materials*. – 1993. – Т. 29. – № 2. – С. 120–126. <https://doi.org/10.1007/BF00696441>.
35. Vil'deman V.É., Sokolkin Yu.V., Tashkinov A.A. Boundary-value problem in the mechanics of the deformation and failure of damaged bodies with yielded zones // *Journal of applied mechanics and technical physics*. – 1995. – Т. 36. – № 6. – С. 903–911. <https://doi.org/10.1007/BF02369389>.
36. Vil'deman V.E., Sokolkin Yu.V., Zaitsev A.V. Evolution of structural damage and microfailure of inhomogeneous media at the supercritical stage of deformation // *Mechanics of composite materials*. – 1997. – Т. 33. – № 3. – С. 231–237. <https://doi.org/10.1007/BF02256080>.
37. Sokolkin Yu.V., Vil'deman V.E., Zaitsev A.V., Rochev I.N. Structural damage accumulation and stable postcritical deformation of composite materials // *Mechanics of composite materials*. – 1998. – Т. 34. – № 2. – С. 171–177. <https://doi.org/10.1007/BF02256036>.
38. Соколкин Ю.В., Паньков А.А. Электроупругость пьезокомпозитов с нерегулярными структурами. – М.: Физматлит, 2003. – 176 с.
39. Pan'kov A.A., Sokolkin Yu.V., Tashkinov A.A. Singular approximation of the method of periodic components in statistical mechanics of composite materials // *Mechanics of composite materials*. – 1997. – Т. 33. – № 4. – С. 322–331. <https://doi.org/10.1007/BF02256282>.
40. Соколкин Ю.В., Паньков А.А. Сингулярное приближение метода периодических составляющих для дисперсий деформаций фаз // *Механика композиционных материалов и конструкций*. – 2001. – Т. 7. – № 4. – С. 427–433.
41. Паньков А.А., Соколкин Ю.В. Решение краевой задачи электроупругости для пьезоактивных композитов методом периодических составляющих // *Механика композиционных материалов и конструкций*. – 2002. – Т. 8. – № 3. – С. 365–384.
42. Паньков А.А., Соколкин Ю.В. Влияние геометрии эллипсоидальных пор на свойства и распределение полей деформирования в пьезокерамике // *Механика композиционных материалов и конструкций*. – 2003. – Т. 9. – № 1. – С. 87–95.
43. Модорский В.Я., Соколкин Ю.В. Газоупругие процессы в энергетических установках. – М.: Физматлит, 2007. – 175 с.
44. Модорский В.Я., Соколкин Ю.В. Динамическое поведение толстостенного цилиндра при наддуве // *Известия высших учебных заведений. Авиационная техника*. – 2002. – № 4. – С. 14–16.
45. Козлова А.В., Модорский В.Я., Соколкин Ю.В., Поник А.Н. Численное моделирование процессов смешения и охлаждения потоков в перфорированном газоходе // *Известия высших учебных заведений. Авиационная техника*. – 2014. – № 2. – С. 54–58. <https://doi.org/10.3103/S1068799814020111>.

46. Бондаренко С.А., Ефремов А.Н., Мерзляков С.Н., Соколкин Ю.В., Модорский В.Я., Козлова А.В. Численное моделирование газодинамических процессов в каналах сложной формы // Научно-технический вестник Поволжья. – 2015. – № 3. – С. 92–96.
47. Сатюков В.А., Соколкин Ю.В. Технологическая механика топливных магистралей жидкостных ракетных двигателей. – М.: Физматлит, 2009. – 142 с.
48. Sokolkin Yu.V., Makarova E.Yu. Stochastic models of composite mechanics in the problems of designing structural elements in aerospace engineering // Mechanics of composite materials. – 2002. – Т. 38. – № 5. – С. 387–396. <https://doi.org/10.1023/A:1020926024506>.
49. Makarova E.Yu., Sokolkin Yu.V. Nonlinear multilevel models for composite deformation and fracture mechanics // Composites: Mechanics, Computations, Applications. – 2013. – Т. 4. – № 3. – С. 225–237.
50. Babushkin A.V., Sokolkin Y.V., Chekalkin A.A. Fatigue resistance of structurally inhomogeneous powdered materials in a complex stress-strain state // Mechanics of composite materials. – 2014. – Т. 50. – № 1. – С. 1–8. <https://doi.org/10.1007/s11029-014-9387-1>.
51. Пермский национальный исследовательский политехнический университет. Соколкин Юрий Викторович (1938-2020) [Электронный ресурс] – URL: <https://pstu.ru/files/2/file/kafedra/akf/mkmk/Sokolkin.pdf> (дата обращения 02.03.2024).

SCIENTIFIC HERITAGE OF YU.V. SOKOLKIN

Tashkinov A.A., Chekalkin A.A.

Perm National Research Polytechnic University

For citation:

Tashkinov A.A., Chekalkin A.A. Scientific heritage of Yu.V. Sokolkin // Perm Federal Research Center Journal. – 2024. – № 1. – P. 72–81. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2024.1.9>

Yu.V. Sokolkin (1938–2020) is an outstanding Russian scientist, Professor, Doctor of Physical and Mathematical Sciences (PhD), Honored Scientist of the Russian Federation. The article provides an overview of the main results of his scientific activities in the field of mechanics of composite materials and structures, physical and mathematical modeling, aerospace engineering and high technologies. The titles of the sections of this article, with the exception of the first, correspond to the titles of scientific monographs with his participation, presented in chronological order; the first section of the review is devoted to the content of his dissertation work carried out by him at the Institute of Continuum Mechanics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Each section of the article, in addition to a link to the bibliographic description of the scientific monograph, also contains links to articles with Yu.V. Sokolkin's participation, where the scientific results presented in the corresponding monograph were partially published or further developed. Since Professor Sokolkin is the author of more than one hundred and fifty scientific papers, this review is not complete and comprehensive. The purpose was to reflect precisely those areas that have received undoubted recognition from the scientific community, have found practical application and are being successfully used at present, have become the basis for dissertations completed by his followers.

Keywords: mechanics of composite materials, physical and mathematical modeling, aerospace engineering, high technologies.

Сведения об авторах

Ташкинов Анатолий Александрович, профессор, доктор физико-математических наук, ректор, Пермский национальный исследовательский политехнический университет («ПНИПУ»), 614990, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29; e-mail: tash@pstu.ru

Чекалкин Андрей Алексеевич, профессор, доктор физико-математических наук, декан факультета повышения квалификации преподавателей, «ПНИПУ»; e-mail: A.A.Chekalkin@yandex.ru

Материал поступил в редакцию 25.03.2024 г.