

УДК 929

DOI: 10.18577/2307-6046-2023-0-11-123-136

НАСЛЕДИЕ ПРОФЕССОРА Н.М. СКЛЯРОВА (к 115-й годовщине со дня рождения)

А.В. Гриневич¹

¹Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Москва, Россия; admin@viam.ru

***Аннотация.** Наряду с достижениями Н.М. Склярова, получившими всеобщее признание, рассматриваются разработанные им положения, которые определяют деятельность НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ в настоящее время. Показана определяющая роль Н.М. Склярова в формировании идеологии авиационной брони, создании высокопрочной стали и разработке системы качества авиационных материалов. Сформированный Н.М. Скляровым алгоритм разработки авиационных материалов является основой для соответствия требованиям Норм летной годности воздушных судов в части обеспечения их безопасности и долговечности.*

***Ключевые слова:** авиационная броня, высокопрочная сталь, прочность, несущая способность, система управления качеством, вязкость разрушения*

***Для цитирования:** Гриневич А.В. Наследие профессора Н.М. Склярова (к 115-й годовщине со дня рождения) // Труды ВИАМ. 2023. № 11 (129). Ст. 12. URL: <http://www.viam-works.ru>. DOI: 10.18577/2307-6046-2023-0-11-123-136.*

THE LEGACY OF PROFESSOR N.M. SKLYAROV (to the 115th anniversary of the birth)

A.V. Grinevich¹

¹Federal State Unitary Enterprise «All-Russian Scientific-Research Institute of Aviation Materials» of National Research Center «Kurchatov Institute», Moscow, Russia; admin@viam.ru

***Abstract.** The article, along with the achievements of N.M. Sklyarov, which have received universal recognition, examines the provisions developed by him, which determine the activities of the institute at the present time. The defining role of N.M. Sklyarov in the formation of the ideology of aviation armor, the creation of high-strength steel and in the development of a quality system of aviation materials is presented. The algorithm for the development of aviation materials formed by N.M. Sklyarov is the basis for meeting the requirements of the Airworthiness Standards of aircraft in terms of ensuring their safety and durability.*

***Keywords:** aviation armor, high-strength steel, strength, bearing capacity, quality management system, fracture toughness*

***For citation:** Grinevich A.V. The legacy of professor N.M. Sklyarov (to the 115th anniversary of the birth). *Trudy VIAM*, 2023, no. 11 (129), paper no. 12. Available at: <http://www.viam-works.ru>. DOI: 10.18577/2307-6046-2023-0-11-123-136.*



В 2022 г. при входе в НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ на стене Испытательного корпуса были представлены портреты выдающихся ученых-материаловедов, составивших славу институту. Портрет Николая Митрофановича Склярова предварял череду портретов академиков и членов-корреспондентов СССР. Он первый среди равных. Основанием этому служат две определяющие вехи в биографии Н.М. Склярова: Сталинская премия (1942 г.) – первая в авиационном материаловедении (ему еще не исполнилось 35 лет) и Ленинская премия (1988 г.) – последняя премия, полученная в СССР (ему минул 81 год). Более 60 лет своей творческой жизни он отдал институту.

Время быстротечно. Кажется, совсем недавно отмечали 110-ю годовщину со дня рождения Николая Митрофановича Склярова, к которой была подготовлена статья «Творческий путь профессора Н.М. Склярова» [1]. Было искушение повторить данную статью, которая детально отразила основные достижения Н.М. Склярова. Но против подобного подхода восстала бы сама сущность Николая Митрофановича, который на научной конференции ВИАМ, посвященной 50-летию Советской власти, в 1967 г. начал доклад с рифмованной фразы: «Юбилей – не остановка в пути, погудел и дальше лети».

С Николаем Митрофановичем я познакомился в 1964 г. во время поездки в высокогорный альплагерь, расположенный на высоте 2800 м в отрогах Тянь-Шаня. Затем были Домбайская поляна, Байкал, Цейское ущелье.

При поступлении в дневную аспирантуру ВИАМ для реферата я взял задачу о потере устойчивости зажатого стержня при температурных воздействиях. Тема реферата была выбрана случайно, но крайне удачно, поскольку совпала с изысканиями Н.М. Склярова, выполненными намного раньше. Совместно с ЦИАМ Н.М. Скляров разработал методику определения предельных состояний материала, жестко заземленного и подверженного циклическим температурным воздействиям. Факт первенства Николая Митрофановича в разработке проблемы термоусталости подтверждает дарственная надпись Р.А. Дульнева и П.И. Котова (рис. 1) – авторов книги «Термическая усталость металлов» [2].

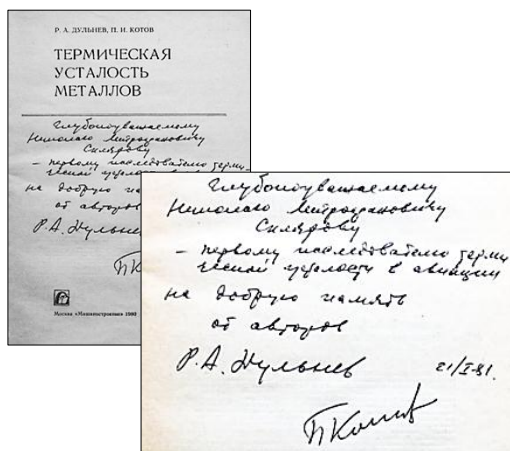


Рис. 1. Титульный лист книги Р.А. Дульнева и П.И. Котова «Термическая усталость металлов» с дарственной надписью

Сталинской премии Н.М. Склярюв удостоен за разработку брони для штурмовика Ил-2 (рис. 2). Он оказался одним из немногих, кто не обменял атрибуты Сталинской премии на атрибуты Государственной премии СССР.



Рис. 2. Диплом Н.М. Склярюва – лауреата Сталинской премии

Вспоминая предвоенные годы, Н.М. Склярюв отмечал, что все ведущие авиаконструкторы – В.М. Петляков, Н.Н. Поликарпов, А.Н. Туполев, С.А. Лавочкин – отвергли возможность использования брони в конструкции самолета. Однако идея создания штурмовика витала в воздухе. На базе опытно-конструкторского бюро им. А.И. Микояна был спроектирован и изготовлен штурмовик, в котором прямые броневые плиты вставляли в готовую конструкцию самолета. Данное направление оказалось тупиковым, поскольку «проваливались» все тактико-технические характеристики самолета.

Совершенно другое решение вынашивал С.В. Ильюшин, предлагая включить броню в силовую конструкцию самолета (рис. 3).

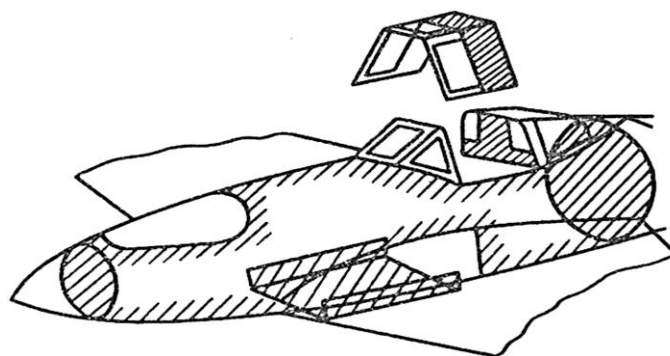


Рис. 3. Схема бронирования штурмовика Ил-2

Реализовать свою идею он мог, только перейдя в ОКБ и отказавшись от должности начальника Главного управления авиационной промышленности. Письмо-обращение С.В. Ильюшина к И.В. Сталину отражает его желание быть максимально полезным стране: «При современной глубине обороны и организованности войск, огромной мощности их огня ... штурмовая авиация будет нести очень крупные потери. Наши типы штурмовиков ... имеют большую уязвимость, так как ни одна жизненная часть этих самолетов – экипаж, мотор, маслосистема, бензосистема и бомбы – не защищена... Поэтому сегодня назрела необходимость создания бронированного штурмовика, или, иначе говоря, летающего танка, у которого все жизненные части забронированы. Сознывая потребность в таком самолете, мною в течение нескольких месяцев

велась работа над разрешением этой трудной проблемы, результатом которой явился проект бронированного самолета – штурмовика...

Для осуществления этого выдающегося эксперимента, который неизмеримо повысит наступательные способности нашей штурмовой авиации, сделав ее могущей наносить сокрушительные удары врагу без потерь или с очень малыми потерями с ее стороны, прошу освободить меня от должности начальника главка...

Задача создания бронированного штурмовика исключительно трудна и сопряжена с большим техническим риском, но я с энтузиазмом и полной уверенностью за успех берусь за это дело» [3].

Предложение С.В. Ильюшина было революционным, поскольку никто в мире не мог обеспечить расхождения контура стальной броневой детали от теоретического профиля самолета с допуском 0,5 мм. Вот как описывает данную коллизию Н.М. Складов: «... когда С.В. Ильюшин предложил ввести броню в конструкцию самолета и сделать фюзеляж не из шпона, а из брони, все авторитеты посчитали его проект нереальным. А директора основных броневых заводов страны (Ижорского и Путиловского) – И.М. Шейнман и А.Х. Зальцман – в письме к И.В. Сталину объявили предложение С.В. Ильюшина авантюрой. Однако С.В. Ильюшин вполне ответственно предлагал свой проект. Он его разработал, опираясь на заявления ВИАМ о создании стали, которая позволит решить двойную задачу – обеспечить высокую пулестойкость и технологию изготовления сложнейших тонкостенных броневых деталей без коробления с полным удовлетворением высоким требованиям по точности контуров» [4].

Если бы не были разработаны стальная броня и технология изготовления из нее деталей, которая больше граничила с искусством, нежели с наукой, то не было бы и штурмовика Ил-2, который немцы окрестили «черной смертью». Беспрецедентный уровень боевой живучести, обеспечивающий выполнение боевого задания и возвращение на аэродром после поражений от воздушного и наземного огня противника, высокая огневая мощь обеспечили штурмовику Ил-2 достойное место в механизме вооружения армии. Благодаря эффективности, технологичности изготовления и ремонтпригодности штурмовик Ил-2 стал самым массовым самолетом Великой Отечественной войны (рис. 4).



Рис. 4. Штурмовик Ил-2

В 1941–1945 гг. произведено порядка 40 тысяч штурмовиков Ил-2, которые, наряду с «Катюшами» и танками Т-34, внесли неоценимый вклад в победу над фашистской Германией.

Разработать броню для штурмовика Ил-2 Н.М. Складову позволил опыт работы с бронематериалами, накопленный сразу после окончания в 1932 г. МВТУ им. Н.Э. Баумана. Первые исследования (1932–1934 гг.) были сопряжены с поиском брони для плавучей танкетки, которую разрабатывали в техническом отделе ОГПУ. Но основные изыскания по тонкой броне для авиации были выполнены в ВИАМ, где Н.М. Складов начал работать с 1934 г. Несмотря на отсутствие заказов на авиационную броню со стороны промышленности, в институте благодаря поддержке управляющего трестом «Спецсталь» Наркомтяжпрома И.Ф. Тевосяна была создана броневая лаборатория. Главное

качество ученого и руководителя – это предвидение. И.Ф. Тевосян и организаторы броневой лаборатории – С.Т. Кишкин и Н.М. Склярлов – оказались провидцами, поскольку уже через 2 года их изыскания были востребованы.

Война в Испании в 1936 г. подтвердила низкую боевую живучесть истребителей Н.Н. Поликарпова. Пули немецких «Мессершмиттов», выпущенные практически с любой дистанции, приводили к гибели пилотов (рис. 5).



Рис. 5. Истребители Н.Н. Поликарпова

Майор П.Н. Шустов, работавший в Испании инструктором-наставником, изготовил из борта бронекатера подобие спинки, защитив пилота от поражения пулями со стороны задней полусферы. Спинка со следами мессершмиттовских пуль была доставлена в Москву, в штаб ВВС, после чего последовало указание разработать бронеспинку для защиты летчиков.

Н.М. Склярлов, когда хотел подчеркнуть затягивание в принятии решений или выполнении работ, приводил в пример сроки разработки бронеспинки: в начале февраля было получено распоряжение, а 2 мая руководство ВВС принимало на полигоне первую партию бронеспинок переменной толщины для самолетов, которые предназначались для отправки в Испанию. Спинка имела толщину от 6 мм в центре до 5 мм по краям. В гомогенном варианте бронеспинка надежно защищала от свинцовых пуль с дистанции 150 м. Для защиты от бронебойных пуль с закаленным сердечником была создана гетерогенная бронеспинка с высокотвердым лицевым слоем. Н.М. Склярлов разработал оригинальный процесс цементации, обеспечивший массовое производство бронеспинок. Данное решение для защиты летчиков оказалось настолько удачным и эффективным, что его использовали на большинстве самолетов. За годы Великой Отечественной войны было изготовлено более 100 тысяч бронеспинок.

Этих двух достижений вполне достаточно, чтобы войти в историю отечественной науки. Кстати, Н.М. Склярлов – единственный профессор, представленный в Большой российской энциклопедии (2004–2017 гг.), которая включает только членов-корреспондентов и академиков.

Броневая тематика была не только отмечена победами, но и сопряжена с конфликтными, порой драматическими ситуациями: объяснение Н.И. Ежову, почему запретили тушить водой загоревшуюся селитровую ванну; испытания бронезащиты правительственной машины ЗИС-101 работниками НКВД, обстрелявшими дверцы с внутренней стороны (не хотелось портить внешний вид) вопреки здравым замечаниям, что деталь гетерогенная, имеет лицевой цементированный слой и предназначена для защиты от обстрела с внешней стороны; гибель пилота истребителя МиГ-15 от огня американского F-86 Sabre (рис. 6) во время войны в Корее в 1952 г. Был пробит бронезаголовник разработки Н.М. Склярлова, предстояло выяснить причину и наказать виновных. К счастью, бронезаголовник выдержал повторные испытания согласно техническим требованиям и драматическая ситуация не переросла в трагическую.

После войны в Корее исследования по броневой тематике свернули. Вновь востребованными они стали только в 1968 г. в связи с войной во Вьетнаме. Все основные

разработки по бронированию летательных аппаратов, начиная с 1968 г., были выполнены под руководством и при непосредственном участии Н.М. Склярова. К наиболее значимым разработкам следует отнести бронирование летательных аппаратов Ми-24, Су-25, Ка-52 и Ми-28.



Рис. 6. Американский истребитель F-86 Sabre

Если для вертолета Ми-24 (рис. 7) использована традиционная стальная броня, то для штурмовика Су-25 (рис. 8) разработана броня на основе титана, которая дважды спасала жизнь командиру отдельного авиационного штурмового полка 40 общевойсковой армии А.В. Ружскому.



Рис. 7. Вертолет Ми-24



Рис. 8. Штурмовик Су-25

Идеология «активной» брони, название которой дал И.В. Сталин во время доклада Н.М. Склярова в Кремле в 1938 г., воплощена в ударном вертолете-штурмовике Ка-52 (рис. 9).



Рис. 9. Ударный вертолет-штурмовик Ка-52



Рис. 10. Вертолет-штурмовик Ми-28

Поиск новых решений, связанный с изысканием нетрадиционных броневых материалов, был реализован в вертолете-штурмовике Ми-28 (рис. 10). Практически каждое решение при бронировании летательных аппаратов опирается на фундамент, заложенный Н.М. Скляровым.

Однако не только броневая тематика была в центре внимания Н.М. Склярова. Являясь заместителем начальника ВИАМ по научной части, он одновременно возглавлял лабораторию по испытаниям металлических материалов. Н.М. Скляров отработывал нестандартные решения в секторе специальных испытаний, который возглавлял великолепный экспериментатор А.А. Платонов. Наряду с термической усталостью, он работал над проблемой секундной прочности, оценивал возможность нагартовки мартенсита, изучал проблему возгорания титановых сплавов.

Н.М. Скляров разработал простую и эффективную систему оценки прочности материала при двухосном растяжении. Поскольку схема испытаний предполагала испытание двух одинаковых образцов, то одновременно фиксировали и предельную деформацию предразрушения. На научной конференции в Шеффилде в 1985 г. я показал Кейту Миллеру – руководителю конференции, схему испытаний, предложенную Н.М. Скляровым, вместо стандартных испытаний крестообразных образцов. На следующий день К. Миллер презентовал свою книгу «Continents in Collision» (рис. 11) с дарственной надписью «Мои лучшие пожелания всем советским инженерам-покорителям вершин», поскольку в беседе я упомянул о любви Н.М. Склярова к горам.

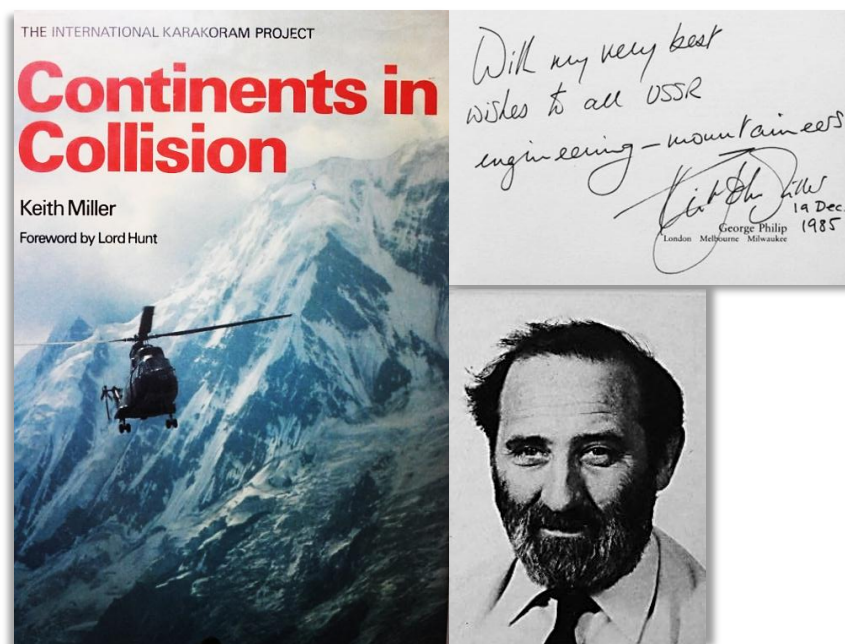


Рис. 11. Книга К. Миллера «Continents in Collision» с дарственной надписью

Возглавляя лабораторию по оценке и определению прочностных характеристик материалов, Н.М. Скляров не мог не задаться вопросом «Что есть прочность?». Основным требованием, предъявляемым к конструкционному материалу, является повышение пределов прочности и текучести, поскольку это обеспечивает снижение массы конструкции и повышение основной характеристики летательного аппарата – весовой отдачи.

Однако Н.М. Скляров с определенной долей скепсиса относился к этому одностороннему требованию. Он иронизировал по этому поводу, приводя в пример лозунг

ВИАМ на одной из Первомайских демонстраций: «Дадим стране сталь с прочностью – 350 кгс/мм²». Заметим, что в мире до настоящего времени рубеж прочности стали в 200 кгс/мм² (2000 МПа) не превзойден. В этот барьер упираются расчетные значения прочностных характеристик самой высокопрочной американской стали 300М. Этого предела Н.М. Скляров достиг еще в 1940-х гг. при разработке стальной брони. При попытке превзойти этот уровень при обстреле даже пулями малого калибра (7,62 мм) имели место хрупкие расколы бронеплит. Баллистические испытания броневых плит позволяют оценить как пулестойкость брони, характеризуемую пределом прочности, так и живучесть, которая воспринимается как сопротивление расколу.

В 1950-х гг. отсутствовала механическая характеристика, которая определяла бы стойкость материала к расколу. Раскол рассматривался как проявление некой «хрупкой прочности» стали. Металловеды всего мира занимались поиском методик оценки «хрупкой прочности», поскольку столкнулись с катастрофическими разрушениями при проектировании конструкций из высокопрочных материалов. Н.М. Скляров, определив границу «хрупкой прочности» на броневых плитах, ответственно относился к рекомендациям применения высокопрочных материалов.

Один из ведущих специалистов по прочности Г.В. Ужик (Институт машиноведения им. А.А. Благонравова) указывал на неоднозначность понятия «прочность» на примере испытания гладких образцов и образцов с надрезом из высокопрочной стали [5]. Если при испытании гладких образцов предел прочности (временное сопротивление разрушению) стали В ($\sigma_B = 2320$ МПа) превосходит предел прочности стали А ($\sigma_B = 1400$ МПа) более чем в 1,5 раза, то испытание образцов с надрезом приводят к противоположной парадоксальной ситуации. Напряжение разрушения образца с острым надрезом ($K_t = 4$) из стали А ($\sigma_{в.надр} = 2300$ МПа) превосходит напряжение разрушения образца с идентичным надрезом из стали В ($\sigma_{в.надр} = 1330$ МПа) в 1,7 раза.

Возникают закономерные вопросы – что такое прочность и какой материал более прочный? Говоря о прочности материала и механических характеристиках ее определяющих (пределы прочности и текучести), приходится признать, что их определяют по стандартизованным методам испытаний на гладких образцах. Другие методы оценки, в частности испытания образцов с надрезом, позволяют получить показатель «конструкционная прочность», определяющий прочность материала в конструкции [6]. Недаром справочник по расчету конструкций Института машиноведения им. А.А. Благонравова называется «Несущая способность и расчеты деталей машин на прочность» [7]. Наряду с понятием «конструкционная прочность», возникает термин «надежность материала», означающий способность материала сопротивляться разрушению при возникновении непредвиденных, случайных дефектов. Полагая, что термин «надежность материала» не в полной мере раскрывает суть проблемы и не может характеризоваться числом отказов, Н.М. Скляров предлагает термин «работоспособность конструкционного материала – комплекс свойств и состояний, определяющий функционирование материала в авиационных конструкциях с заданной вероятностью неразрушения в течение всего назначенного ресурса в предусмотренных нормативно-технической документацией условиях» [8].

Н.М. Скляров для оценки работоспособности материала ввел в паспорт на материал оценку конструкционной прочности как отношение напряжений разрушения образца с концентратором напряжений к пределу прочности гладкого образца. Материал с показателем больше единицы может быть рекомендован для применения в силовой конструкции. Использование материала с показателем менее единицы крайне ограничено и должно осуществляться с исключительной осторожностью. Поиск предельного значения прочности, при котором сохраняется в полной мере несущая способность материала в конструкции, является одной из определяющих задач материаловедения [9].

В 1960-х гг. развернулась дискуссия о том, как достигнуть максимальной прочности стали. Известный металлург А.П. Гуляев утверждал, что единственным направлением повышения прочности стали является увеличение массовой доли углерода [10]. Ему возражал М.П. Браун, который настаивал на необходимости использования легирующих элементов для повышения «хрупкой прочности» стали [11]. В заключительной редакционной статье журнала «Заводская лаборатория», подводившей итоги дискуссии А.П. Гуляева и М.П. Брауна, проблема прочности стали осталась без решения.

Наиболее близко к решению данной проблемы подошел профессор, начальник отдела ВИАМ С.З. Бокштейн [12]. Прочностные характеристики были определены для композиций систем Fe–C, Fe–C–Cr, Fe–C–Cr–Ni, Fe–C–Cr–Ni–Mo и Fe–C–Cr–Ni–Mo–V, содержание углерода в которых составляло 0,4 %. Испытания гладких образцов из всех композиций показали, что предел прочности стали при легировании не изменяется. Следовательно, А.П. Гуляев – прав! Однако напряжения разрушения образцов с надрезом при растяжении с изгибом существенно повышаются по мере усложнения схемы легирования: для системы Fe–C–Cr–Ni–Mo–V этот показатель в 2 раза больше, чем для изначальной композиции Fe–C. Следовательно, точка зрения М.П. Брауна также правомерна и не лишена оснований.

Эту двойственную ситуацию по разработке стали с высокими пределом прочности и несущей способностью исключительно оригинально разрешает Н.М. Складаров. Он переводит разработанную броневую сталь КВК (Кузнецк–ВИАМ–Куйбышев) в серию конструкционных сталей. Специфика полигонных испытаний позволяет оценить влияние уровня легирования на конструкционную прочность стали, которая косвенно оценивается хрупкими расколами. Оптимальный уровень легирования стали, полученный при разработке брони, реализован в серии конструкционных сталей – КВК-26, КВК-32, КВК-37 и КВК-42 с пределами прочности 1400, 1600, 1700 и 1900 МПа соответственно [13]. Значения пределов прочности от 1400 до 1900 МПа определяются варьированием содержания в стали углерода от 0,23 до 0,43 %. Н.М. Складаров фактически воплотил воззрения А.П. Гуляева и М.П. Брауна при разработке высокопрочных сталей.

Когда разрабатывали сталь марки КВК, стандартизованный метод оценки показателя «конструкционная прочность» или «несущая способность» материала отсутствовал. Для восприятия конструкторами данного параметра Н.М. Складаров ввел оценку чувствительности стали к поверхностной трещине. Рост предела прочности стали сопровождается значительным снижением конструкционной прочности и, как следствие, несущей способности детали. Если для стали КВК-26 с пределом прочности $\sigma_b = 1480$ МПа при наличии поверхностной трещины длиной 4,0 мм разрушающее напряжение $\sigma_{тр}^{нетто} = 1570$ МПа, то для стали КВК-42 с $\sigma_b = 1950$ МПа и аналогичной трещиной $\sigma_{тр}^{нетто} = 1390$ МПа. Данную оценку работоспособности материала применял Н.М. Складаров в конце 1960-х гг., а стандарт по оценке вязкости разрушения был оформлен только в 1985 г., т. е. через 20 лет, ознаменованных развитием механики разрушения.

Основные положения механики разрушения, в основном сформулированные в США в 1961–1965 гг., позволили оценить прочность конструкции при наличии трещины – наиболее опасном виде дефекта. В механике разрушения декларировалось, что разрушение не только определяется напряженно-деформированным состоянием материала в конструкции, но и зависит от величины дефекта. Как отметил Я.Б. Фридман на конференции 1967 г., имеет место кинетика разрушения [14]. Трещина развивается от некоторого изначального дефекта до критического размера, который определяет начало лавинного разрушения за счет энергии, накопленной в конструкции.

Н.М. Скляр ввел в паспорт на материал показатель силового критерия механики разрушения – коэффициент интенсивности напряжений, позволяющий оценить критический для конструкции размер трещины.

Насколько Н.М. Скляр был прав в опасениях применения материалов с предельным уровнем прочности, осознали при испытании шарикоподшипниковой стали с уровнем прочности $\sigma_b = 2600\text{--}2700$ МПа. Образцы с таким уровнем прочности разрушались не в одной плоскости, а в двух, что означало саморазрушение образца [15].

На рис. 12 представлена последовательность разрушения шарикоподшипниковой стали, зафиксированная с помощью высокоскоростной съемки. На втором кадре показано разрушение в нижней галтели образца, на четвертом – в верхней. Саморазрушение образца обусловлено как накопленной при растяжении энергией, так и импульсом разгрузки, возникающим при первичном разрушении. Отраженный импульс сжатия в образце при первом разрушении становится импульсом растяжения, достаточным для повторного разрушения. Это парадоксальное саморазрушение объясняется с позиции импульсного нагружения, которое наблюдается при обстреле бронеплит высокоскоростными средствами поражения.

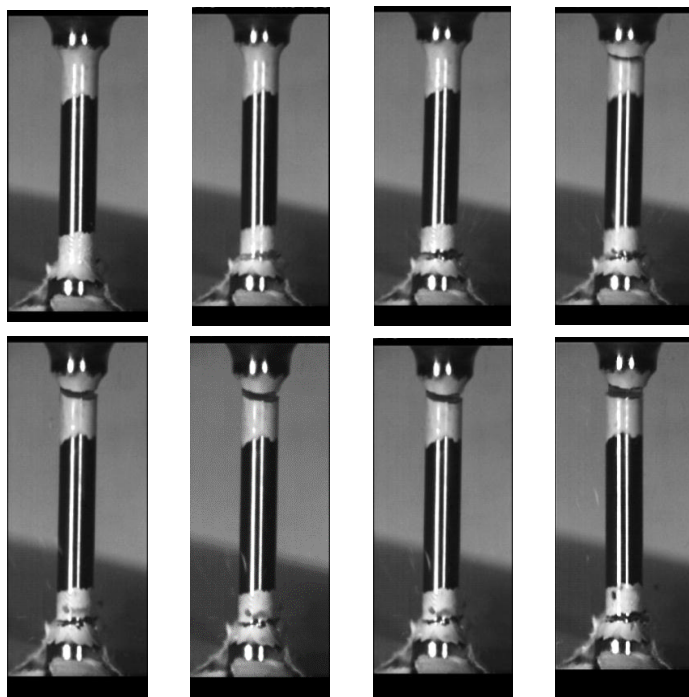


Рис. 12. Кадры скоростной съемки, фиксирующие процесс двойного разрушения образца шарикоподшипниковой стали

Н.М. Скляр внес основной вклад в решение проблемы качества авиационных материалов, которые разрабатываются на предельные характеристики прочности [16]. Сложность разработки материала на заданные параметры прочности достаточно красочно проиллюстрировал академик П.Л. Капица [17]: «Достаточно было поднять жаропрочность сплава на несколько сот градусов и предельную прочность на 20–30 %, и это дало бы возможность решить ряд новых технических задач. Однако, несмотря на то, что все механические свойства металлов сейчас хорошо и быстро измеряются, количественной теории, связывающей эти свойства вещества с его химическим составом и физической структурой, пока нет, хотя природа сил между атомами хорошо известна. Математическая задача столь сложна, что даже не может быть сформулирована».

П.Л. Капица замечает, что «... многокомпонентные сплавы, может быть, были найдены случайно, но вероятнее – интуитивным «нюхом» талантливого ученого, который, как искусный повар, умеет готовить вкуснее других».

Н.М. Складов формализовал процесс разработки нового материала, который включал поиск композиции, отработку схемы технологического воздействия и последующую комплексную оценку свойств работоспособности материала. Всесторонняя оценка материала, фиксирующая его преимущество по сравнению с аналогом, являлась основой для оформления паспорта на материал, позволяющего выпускать полуфабрикаты в промышленности по временным технологическим условиям. После выпуска опытных партий полуфабрикатов материала, на которых отработывали технологический процесс в серийном производстве, набирали статистику по основным служебным характеристикам и формировали окончательные технические условия на производство полуфабриката.

Н.М. Складов установил два этапа жизненного цикла материала – разработка материала с оформлением паспорта на него и выпуск полуфабрикатов из данного материала с оформлением технических условий (рис. 13).



Рис. 13. Схема разработки и промышленного освоения материала

Согласно Нормам летной годности, при проектировании воздушного судна необходимо применять материал, удовлетворяющий параграфам 603 и 613. Параграф 603 требует наличия технических условий на материал, а сравнительно новый параграф 613 устанавливает, что расчетные значения прочностных характеристик должны быть

статистически обоснованы. Естественно, что данные требования относятся к серийно выпускаемым полуфабрикатам, которые будут применяться на воздушном судне. Статистическая оценка прочностных характеристик, согласно MMPDS, базируется на 10 промышленных плавках, от каждой из которых испытывают по 10 образцов. Данные требования не распространяются на разработку новых материалов. Кстати, ни один зарубежный документ, в том числе фирм «Боинг» и «Эйрбас», не затрагивал проблему разработки нового материала.

Еще раз убеждаешься в мудрости Н.М. Склярова, разработавшего алгоритм создания нового материала. Оформление паспорта на материал, как подчеркивал Н.М. Скляров, знаменует рождение нового материала, что является прерогативой ВИАМ [18–23].

Круг интересов Н.М. Склярова не ограничивался только производственными проблемами. Его взгляд на общественные сдвиги нашел отражение в работе [1]. Хотелось бы оставить впечатление о Николае Митрофановиче не только как об ученом, поглощенном своими думами, но и как о человеке, любящем жизнь во всех ее проявлениях. На одной из фотографий с Первомайской демонстрации запечатлены Н.М. Скляров и его жена – Елена Андреевна Борисова, много лет проработавшая вместе с ним в ВИАМ (рис. 14).



Рис. 14. Н.М. Скляров на Первомайской демонстрации

Н.М. Скляров предстает как добродушный, умудренный жизнью человек, взвешивающий на происходящее с некоторой долей иронии.

Список источников

1. Гриневич А.В. Творческий путь профессора Н.М. Склярова // *Авиационные материалы и технологии*. 2017. № 3 (48). С. 87–94. DOI: 10.18577/2071-9140-2017-0-3-87-94.
2. Дульнев Р.А., Котов П.И. Термическая усталость металлов. М.: Машиностроение, 1980. 200 с.
3. Шахурин А.И. Крылья победы. М.: Политиздат, 1990. 300 с.
4. Скляров Н.М. Путь длиною в 70 лет – от древесины до суперматериалов / под общ. ред. Е.Н. Каблова. М.: МИСИС–ВИАМ, 2002. 485 с.
5. Ужик Г.В. Прочность металлов в машиностроении. М.: Трудрезервиздат, 1958. 75 с.
6. Махутов Н.А. Конструкционная прочность, ресурс и техногенная безопасность. Новосибирск: Наука, 2005. 1110 с.

7. Серенсен С.В., Когаев В.П., Шнейдерович Г.М. Несущая способность и расчеты деталей машин на прочность: справочное пособие. М: Машиностроение, 1975. 488 с.
8. Скляр Н.М. Работоспособность как критерий качества конструкционных авиационных материалов // Авиационные материалы на рубеже XX–XXI веков. М.: ВИАМ, 1994. С. 576–583.
9. Скляр Н.М. Критерии оценки качества авиационных материалов в XXI веке // Авиационные материалы и технологии. 2001. № 1. С. 8–15.
10. Гуляев А.П. Металловедение. М.: Металлургия, 1966. 480 с.
11. Браун М.П. Влияние легирующих элементов на свойства стали. Киев: Гос. изд-во техн. лит. УССР, 1962. 192 с.
12. Бокштейн С.З. Структура и механические свойства легированной стали. М: Гос. науч.-техн. изд-во лит. по черной и цветной металлургии, 1954. 280 с.
13. ВИАМ 90 лет: гордимся прошлым, создаем будущее / под общ. ред. Е.Н. Каблова. М.: НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ, 2022. 168 с.
14. Фридман Я.Б. Кинетика разрушения материалов. М: ОНТИ ВИАМ, 1968. 44 с.
15. Гриневиц А.В., Славин А.В., Яковлев Н.О., Гулина И.В. Феномен откольного разрушения при растяжении // Деформация и разрушение материалов. 2020. № 4. С. 43–48. DOI: 10.31044/1814-4632-2020-4-43-48.
16. Скляр Н.М. Управление качеством авиационных материалов // Авиационные материалы на рубеже XX–XXI веков. М.: ВИАМ, 1994. С. 572–576.
17. Капица П.Л. Будущее науки: Стенограмма речи на Междунар. симпозиуме в Праге по планированию науки. М., 1962. 8 с.
18. Каблов Е.Н. Контроль качества материалов – гарантия безопасности эксплуатации авиационной техники // Авиационные материалы и технологии. 2001. № 1. С. 3–8.
19. Антипов В.В., Пантелеев М.Д., Свиридов А.В., Скупов А.А., Одинцов Н.С. Изготовление и испытание сварных панелей фюзеляжа из жаропрочных алюминиевых сплавов 1151 и В-1213 // Труды ВИАМ. 2023. № 5 (123). Ст. 03. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 22.05.2023). DOI: 10.18577/2307-6046-2023-0-5-33-42.
20. Митраков О.В., Яковлев Н.О., Якушева Н.А., Гриневиц А.В. Особенности разрушения стали 20ХГСН2МФА-ВД при испытании на вязкость разрушения // Авиационные материалы и технологии. 2019. № 1 (54). С. 49–56. DOI: 10.18577/2071-9140-2019-0-1-49-56.
21. Яковлев Н.О., Селиванов А.А., Гулина И.В., Гриневиц А.В. К вопросу о долговечности шарнирно-болтовых соединений // Авиационные материалы и технологии. 2020. № 4 (61). С. 79–85. DOI: 10.18577/2071-9140-2020-0-4-79-85.
22. Каблов Е.Н., Бакрадзе М.М., Громов В.И., Вознесенская Н.М., Якушева Н.А. Новые высокопрочные конструкционные и коррозионностойкие стали для аэрокосмической техники разработки ФГУП «ВИАМ» (обзор) // Авиационные материалы и технологии. 2020. № 1 (58). С. 3–11. DOI: 10.18577/2071-9140-2020-0-1-3-11.
23. Орешко Е.И., Ерасов В.С., Яковлев Н.О., Уткин Д.А. Методы определения механических характеристик материалов с помощью индентирования (обзор) // Авиационные материалы и технологии. 2021. № 1 (62). Ст. 10. URL: <http://www.journal.viam.ru> (дата обращения: 08.07.2023). DOI: 10.18577/2713-0193-2021-0-1-104-118.

References

1. Grinevich A.V. Career of the Professor N.M. Sklyarov. *Aviacionnye materialy i tehnologii*, 2017, no. 3 (48), pp. 87–94. DOI: 10.18577/2071-9140-2017-0-3-87-94.
2. Dulnev R.A., Kotov P.I. *Thermal fatigue of metals*. Moscow: Mashinostroyenie, 1980, 200 p.
3. Shakhurin A.I. *Victory wings*. Moscow: Politizdat, 1990, 300 p.
4. Sklyarov N.M. *The path of 70 years – from wood to supermatteral*. Ed. E.N. Kablov. Moscow: MISIS – VIAM, 2002, 485 p.
5. Uzhik G.V. *The strength of metals in mechanical engineering*. Moscow: Trudrezervizdat, 1958, 75 p.
6. Makhutov N.A. *Structural strength, resource and technogenic safety*. Novosibirsk: Nauka, 2005, 1110 p.

7. Serensen S.V., Kogaev V.P., Shneiderovich G.M. *The bearing capacity and calculations of the parts of the machines for strength*: reference. Moscow: Mashinostroyeniye, 1975, 488 p.
8. Sklyarov N.M. Work capacity as a criterion for the quality of structural aircraft materials. *Aviation materials at the turn of the XX–XXI centuries*. Moscow: VIAM, 1994, pp. 576–583.
9. Sklyarov N.M. Criteria for assessing the quality of aviation materials in the 21st century. *Aviacionnyye materialy i tehnologii*, 2001, no. 1, pp. 8–15.
10. Gulyaev A.P. *Metal science*. Moscow: Metallurgiya, 1966, 480 p.
11. Brown M.P. *The influence of alloying elements on steel properties*. Kyiv: State Publ. of Tech. lit. Ukrainian SSR, 1962, 192 p.
12. Bokstein S.Z. *The structure and mechanical properties of alloy steel*. Moscow: State Sci.-Tech. Publ. of lit. in ferrous and non-ferrous metallurgy, 1954, 280 p.
13. *VIAM 90 years: proud of the past, create the future*. Ed. E.N. Kablov. Moscow: NRC «Kurchatov Institute» – VIAM, 2022, 168 p.
14. Friedman Ya.B. *Kinetics of the destruction of materials*. Moscow: ONTI VIAM, 1968, 44 p.
15. Grinevich A.V., Slavin A.V., Yakovlev N.O., Gulina I.V. The phenomenon of breakdown destruction during stretching. *Deformatsiya i razrusheniye materialov*, 2020, no. 4, pp. 43–48. DOI: 10.31044/1814-4632-2020-4-43-48.
16. Sklyarov N.M. Aviation materials quality management. *Aviation materials at the turn of the XX–XXI centuries*. Moscow: VIAM, 1994, pp. 572–576.
17. Kapitsa P.L. *The future of science*: a stenogram of speech on the International Symposium in Prague on science planning. Moscow, 1962, 8 p.
18. Kablov E.N. Quality control of materials – a guarantee of the safety of the operation of aviation equipment. *Aviation materials and technologies*, 2001, no. 1, pp. 3–8.
19. Antipov V.V., Pantelev M.D., Sviridov A.V., Skupov A.A., Odintsov N.S. Heat-resistant aluminum alloys 1151 and B-1213 welded fuselage panels fabrication and testing. *Trudy VIAM*, 2023, no. 5 (123), paper no. 03. Available at: <http://www.viam-works.ru> (accessed: May 22, 2023). DOI: 10.18577/2307-6046-2023-0-4-27-39.
20. Mitrakov O.V., Yakovlev N.O., Yakusheva N.A., Grinevich A.V. Destruction features of steel 20ХГСН2МФА-ВД during the fracture toughness test. *Aviacionnyye materialy i tehnologii*, 2019, no. 1 (54), pp. 49–56. DOI: 10.18577/2071-9140-2019-0-1-49-56.
21. Iakovlev N.O., Selivanov A.A., Gulina I.V., Grinevich A.V. Revisiting the durability of hinged-bolt connections. *Aviacionnyye materialy i tehnologii*, 2020, no. 4 (61), pp. 79–85. DOI: 10.18577/2071-9140-2020-0-4-79-85.
22. Kablov E.N., Bakradze M.M., Gromov V.I., Voznesenskaya N.M., Yakusheva N.A. New high strength structural and corrosion-resistant steels for aerospace equipment developed by FSUE «VIAM» (review). *Aviacionnyye materialy i tehnologii*, 2020, no. 1 (58), pp. 3–11. DOI: 10.18577/2071-9140-2020-0-1-3-11.
23. Oreshko E.I., Erasov V.S., Yakovlev N.O., Utkin D.A. Methods for determining the mechanical characteristics of materials using indentation (review). *Aviation materials and technology*, 2021, no. 1 (62), paper no. 10. Available at: <http://www.journal.viam.ru> (accessed: July 08, 2023). DOI: 10.18577/2071-9140-2021-0-1-104-118.

Информация об авторах

Гриневич Анатолий Владимирович, главный научный сотрудник, профессор, д.т.н., НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ, admin@viam.ru

Information about the authors

Anatoly V. Grinevich, Chief Researcher, Professor, Doctor of Sciences (Tech.), NRC «Kurchatov Institute» – VIAM, admin@viam.ru