

## К ЮБИЛЕЮ Н. Ф. МОРОЗОВА

### К юбилею академика РАН Никиты Федоровича Морозова

Исполнилось девяносто лет Никите Федоровичу Морозову — действительному члену Российской академии наук, выдающемуся российскому ученому, обогатившему науку многими достижениями в области механики деформируемого твердого тела, замечательному педагогу, создавшему авторитетную в стране научную школу механиков.

Н. Ф. Морозов родился 28 июля 1932 г. в Ленинграде. Детство Н. Ф. Морозова совпало с суровыми для страны временами. В годы Великой Отечественной войны он остается в блокадном Ленинграде. В 11 лет он получил первую правительственную награду: медаль «За оборону Ленинграда» — за активное участие в работе пожарных дружин.

В 1949 г. Н. Ф. Морозов поступает на математико-механический факультет Ленинградского государственного университета, где преподавали ученые, являющиеся гордостью советской науки (Ю. В. Линник, С. Г. Михлин, В. В. Новожилов, Д. К. Фаддеев и др.). После защиты диплома Н. Ф. Морозов продолжает обучение в аспирантуре Ленинградского университета, после успешного окончания которой и защиты кандидатской диссертации в 1958 г. начинает работать старшим инженером Центрального научно-исследовательского института им. академика А. Н. Крылова, а спустя год переходит на преподавательскую работу на кафедру математики Ленинградского технологического института целлюлозно-бумажной промышленности, где в течение 13 лет проходит путь от доцента до профессора, заведующего кафедрой.

В те годы Н. Ф. Морозов успешно сочетает преподавание с научной работой. Основным направлением его научных интересов является исследование нелинейных задач теории тонких пластин. На основе строгого математического подхода им доказано существование, единственность и разрешимость краевых и начально-краевых задач теории пластин и оболочек, решена задача о существовании несимметричных



решений у симметрично нагруженной круглой пластины и сформулированы достаточные условия неустойчивости симметричных решений [1–3].

Полученные Н. Ф. Морозовым результаты качественного исследования нелинейных задач теории тонких пластин являются классическими и легли в основу защищенной им в 1967 г. в Ленинградском государственном университете докторской диссертации «Нелинейные задачи теории тонких пластин и оболочек».

В 1971 г. Н. Ф. Морозова приглашают в Ленинградский государственный университет руководить лабораторией математической физики НИИ математики и механики им. акад. В. И. Смирнова. В 1973 г. он избирается профессором кафедры математической физики математико-механического факультета, а в 1976 г. становится заведующим кафедрой теории упругости Санкт-Петербургского государственного университета — одного из старейших подразделений университета — и руководит ею по настоящее время. В разные годы студентами, аспирантами и сотрудниками кафедры были известные всему научному миру ученые, среди которых, например, можно назвать президента АН СССР академика Г. И. Марчука, академика А. С. Алексеева, академика Е. И. Шемякина, академика С. Л. Соболева, академика Н. И. Мухелишвили, профессора В. М. Бабича, профессора К. Ф. Черных, профессора В. А. Лихачёва и др.

Организаторская работа Н. Ф. Морозова на посту руководителя знаменитой кафедры и сочетание яркой научной и преподавательской деятельности привели к развитию и росту научной школы механики Санкт-Петербургского университета, которая сейчас по праву занимает одно из ведущих положений среди отечественных школ в этой области. Среди выпускников кафедры и учеников Н. Ф. Морозова много известных ученых, которые внесли заметный вклад в механику и математическую физику: чл.-корр. РАН Ю. В. Петров, проф. С. А. Назаров, проф. М. В. Паукшто, проф. А. Е. Волков, проф. А. И. Разов, проф. А. А. Уткин, а также много специалистов, работающих в сфере высоких технологий.

Даже в наиболее трудные времена кафедра под руководством Н. Ф. Морозова не теряла, а открывала новые возможности для роста. Так, благодаря его энергии и организаторскому таланту, в сложный переходный период 1990-х годов кафедра смогла успешно начать проведение как теоретических, так и экспериментальных исследований в целом ряде новых принципиально важных направлений, в частности исследований в области оптимизации упругих механических систем, динамических задач и задач биомеханики.

Н. Ф. Морозов является одним из инициаторов применения строгих математических методов в теории упругости и нелинейной механике. Полученные новые результаты по ряду научных направлений математической теории упругости и нелинейных проблем механики выдвинули Н. Ф. Морозова в число наиболее известных в стране и за рубежом специалистов.

Обратившись по рекомендации академика В. В. Новожилова к проблемам разрушения твердых тел, Н. Ф. Морозов с учениками и коллегами обеспечил существенный прогресс в строгой математической постановке и исследовании проблем прочности и разрушения. Существенный вклад был внесен им в развитие математической теории трещин. Применение строгих математических методов позволило ему и его ученикам развить эффективные методы анализа сингулярных полей теории упругости, возникающих в статических задачах с острыми концентраторами напряжений типа трещин и острых вырезов. Это, в свою очередь, привело к необходимости построения новых критериев хрупкого разрушения, которые могли бы правильно

предсказывать предельные нагрузки в случаях, когда не работают традиционные подходы, основанные на классической модели Гриффитса — Ирвина. Одним из основных достижений Н. Ф. Морозова и его сотрудников в этой области стало развитие нелокальных критериев прочности. В частности, было доказано, что интегральный критерий разрушения (mean stress fracture criterion), предлагавшийся ранее для частных задач классиками науки Г. Нейбером и В. В. Новожиловым, может быть модифицирован для задач континуальной механики так, что сферой его применения становится очень широкий класс задач — от задач для областей с трещинами и острыми вырезами (совместно с Б. Н. Семеновым, С. А. Назаровым) до задач с малыми трещиноподобными дефектами (совместно с Ю. В. Петровым). Ключевым понятием, введенным в этих исследованиях, стало понятие линейного размера разрушения, физическая трактовка и способ определения которого открыли возможность для дальнейших обобщений теории на другие области механики. В конечном счете это привело к становлению в Санкт-Петербургском государственном университете научной школы по механике разрушения, и по сей день являющейся ведущей в этой области. Опубликованная Н. Ф. Морозовым монография «Математические вопросы теории трещин» (М., Наука, 1984) стала заметным вкладом в науку о разрушении, которая в те годы интенсивно развивалась во многих мировых научных центрах.

В конце 1980-х Н. Ф. Морозов совместно с Ю. В. Петровым обратился к динамическим задачам механики. Господствовавшие в то время представления о разрушении вошли в противоречие с новейшими экспериментальными исследованиями экстремальных высокоскоростных воздействий на материалы, выявившими целый ряд принципиальных эффектов, которые не укладывались в традиционные модели. Для разрешения этих противоречий потребовались новые идеи, которые и были развиты в ряде работ Санкт-Петербургской школы механики. В работах [5, 6], совместных с Ю. В. Петровым и А. А. Уткиным, был высказан ряд идей, на основе которых позднее был сформулирован и общий структурно-временной подход к решению динамических задач и исследованию экстремальных критических состояний сплошных сред при динамических воздействиях. При помощи этого подхода оказалось возможным сформулировать ряд новых критериев или предельных условий для переходных процессов в теории разрушения, пластического деформирования, электрофизике (импульсный пробой), кавитации, теории фазовых превращений. На основе этого подхода и новых критериев разрушения были предложены новые методы тестирования материалов, отвечающие потребностям современной индустрии.

Совместно с П. Е. Товстиком Н. Ф. Морозовым были решены задачи о свободных колебаниях и устойчивости сжатого трансверсально изотропного пространства, полупространства и трансверсально изотропной сжатой пластины. Особое внимание уделено анализу форм потери устойчивости как самого упругого основания, так и пластины, лежащей на нем. С использованием уравнений геометрически нелинейной теории упругости исследована поверхностная устойчивость трансверсально анизотропного упругого полупространства под действием сжимающих напряжений [7, 8]. Анализ потери устойчивости в закритической стадии показал, что вмятины вблизи свободной поверхности полупространства располагаются в «шахматном» порядке, что соответствует экспериментальным результатам.

Н. Ф. Морозова отличает постоянный интерес к новым актуальным проблемам механики деформируемого твердого тела, к применению методов механики твердого тела в смежных дисциплинах, к решению практических задач. Начиная с 1994 г. Н. Ф. Морозов активно работает в области применения методов механики деформи-

руемого твердого тела к проблемам наномеханики и теоретического материаловедения, изучению взаимосвязи между деформированием, устойчивостью, разрушением и диффузионными процессами фазовых превращений. Совместно с Е. А. Ивановой и А. М. Кривцовым теоретически исследована зависимость значений модулей упругости от размеров нанокристалла. Дается оценка масштабных эффектов, возникающих при применении континуальной теории упругости к нанообъектам, а также обсуждается влияние масштабных эффектов при использовании метода молекулярной динамики для моделирования макроскопических объектов [9, 10].

Совместно с И. А. Овидько исследованы процессы деформирования и разрушения графеновых листов с различными видами дефектов структуры [11, 12]. Н. Ф. Морозовым с соавторами осуществлена модификация уравнений равновесия и определяющих соотношений линейной теории пластин и оболочек наноразмерной толщины при учете деформаций поперечного сдвига, основанная на сведении соотношений пространственной теории упругости с поверхностными напряжениями к двумерным уравнениям, заданным на срединной поверхности оболочки, и проведен анализ влияния поверхностных модулей упругости на эффективные жесткости пластин и оболочек [13, 14]. Н. Ф. Морозовым с соавторами (И. А. Овидько, А. Г. Шейнерман, С. В. Бобылев) были исследованы механизмы деформации и разрушения нанокристаллических тел. Предложена теоретическая модель, описывающая влияние специальной ротационной деформации на рост трещин в деформированных нанокристаллических керамике и металлах, и оценено ее влияние на рост ранее существовавших сравнительно крупных трещин в нанокристаллических металлах и керамике [15].

Предложен и теоретически описан особый физический режим пластической деформации в нанокристаллических, ультрамелкозернистых и поликристаллических телах, порожденный скольжением границ зерен и процессом зарождения наноразмерных зерен (происходящий в результате расщепления и миграции границ зерен под действием напряжения). Показано, что специальный режим деформации повышает пластичность нанокристаллических и ультрамелкозернистых твердых тел, и этот эффект усиления более выражен по сравнению с эффектом кооперативного процесса скольжения и миграции границ зерен [16]. Исследована микромеханика пластической деформации посредством миграции границ зерен в нанокompозитах «металл — графен» [17].

Н. Ф. Морозовым с соавторами было исследовано влияние наноразмерности на работу электромеханических структур. В частности, рассмотрена электромеханическая модель графенового нанорезонатора с учетом изменения емкости конденсатора за счет деформации графенового слоя (одной из пластин) и с учетом нелинейноупругих свойств листа графена при малом начальном растяжении. Были предложены две новые схемы графеновых нанорезонаторов, а именно дифференциальная и параметрическая [18].

Совместно с А. К. Беляевым и П. Е. Товстиком им проведена серия исследований по динамической устойчивости стержней при продольном нагружении, известной в механике как задача Лаврентьева — Ишлинского [19, 20]. Среди прочих был получен интересный результат о потере устойчивости стержня при скачкообразном приложении продольной нагрузки величиной меньше эйлеровой. В 2016 г. Н. Ф. Морозов, А. К. Беляев и П. Е. Товстик были удостоены премии имени М. А. Лаврентьева Российской академии наук за серию работ «Динамика стержня при продольном сжатии. Развитие идеи М. А. Лаврентьева и А. Ю. Ишлинского».

Под руководством Н. Ф. Морозова в Институте проблем машиноведения РАН создан и плодотворно работает над решением актуальных задач механики деформируемого твердого тела творческий коллектив, в состав которого входит много талантливой молодежи. Продолжая лучшие традиции школы-механиков А. И. Лурье и В. В. Новожилова, Н. Ф. Морозов организовал в Институте проблем машиноведения РАН постоянно действующий городской семинар, на котором обсуждаются актуальные проблемы механики и физики и со своими достижениями выступают ученые как из российских, так и из зарубежных ведущих научных центров. Благодаря усилиям Н. Ф. Морозова в Институте проблем машиноведения РАН созданы и активно развиваются следующие направления: микромеханика материалов, создание и применение углеродных наноструктур, методы молекулярной динамики, механика наноматериалов и теории дефектов, динамика экстремальных состояний и структурных превращений.

Более 50 лет выдающийся ученый и талантливый педагог ведет преподавательскую работу в Санкт-Петербургском государственном университете. Большим авторитетом в России и за ее пределами пользуется созданная им научная школа механиков-прочнистов. Решениями Совета по грантам при Президенте Российской Федерации научная школа академика Н. Ф. Морозова неоднократно отмечалась как ведущая научная школа России. Учениками Н. Ф. Морозова защищено 8 докторских и более 50 кандидатских диссертаций.

Н. Ф. Морозов — автор более 450 научных работ, в том числе восьми монографий и трех учебных пособий. В 1995 г. Н. Ф. Морозову присвоено звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации». В 2000 г. за цикл работ по нелинейным проблемам механики деформируемого твердого тела Н. Ф. Морозову присуждена Государственная премия Российской Федерации в области науки и техники, а в 2006 г. за выдающийся вклад в динамическую теорию разрушения материалов Н. Ф. Морозову Правительством Санкт-Петербурга премия имени А. Ф. Иоффе в области физики и астрономии.

В 2017 г. Н. Ф. Морозов награжден медалью Блеза Паскаля, учрежденной Европейской академией наук в 2003 г. и присуждаемой в знак признания выдающегося личного вклада ученых в науку и технологии, в развитие исследовательских навыков в образовании. Решение о присуждении этой награды принимает специально созданный для этой цели Научный комитет Европейской академии наук. В 2009 г. Н. Ф. Морозов избран членом Европейской академии наук.

Общественно-научная деятельность Н. Ф. Морозова обширна и многогранна. Он является вице-председателем Национального комитета России по теоретической и прикладной механике, председателем Научного совета РАН по механике деформируемого твердого тела, членом Генеральной ассамблеи IUTAM, членом редколлегий ведущих отечественных и зарубежных журналов по механике. Вот уже несколько десятков лет он является активным членом редколлегии журнала «Вестник Санкт-Петербургского университета. Математика. Механика. Астрономия».

Активная научно-педагогическая деятельность Н. Ф. Морозова была отмечена правительственными наградами: орденом Почета (1999), орденом «За заслуги перед Отечеством» IV степени (2003), орденом Дружбы (2010). В 2015 г. он удостоен благодарности Президента Российской Федерации.

Никиту Федоровича Морозова отличают энергия, увлеченность наукой, гражданская ответственность, способность самозабвенно трудиться и организовывать других, доступность в общении и желание всегда прийти на помощь. Он встре-

чает свой юбилей в расцвете творческих сил. Желаем ему здоровья, дальнейших научных успехов и счастья в личной жизни!

## Литература

1. Морозов Н. Ф. Единственность симметричного решения задачи о больших прогибах симметрично нагруженной круглой пластины. *Докл. АН СССР* **123** (3), 417–419 (1958).
2. Морозов Н. Ф. К вопросу о существовании несимметричного решения в задаче о больших прогибах круглой пластинки, нагруженной симметричной нагрузкой. *Изв. вузов. Матем.*, № 2, 126–129 (1961).
3. Морозов Н. Ф. Качественное исследование круглой симметрично сжимаемой пластинки при большой краевой нагрузке (доказательство появления гофра). *Докл. АН СССР* **147** (6), 1318–1319 (1962).
4. Морозов Н. Ф. *Математические вопросы теории трещин*. Москва, Наука (1984).
5. Petrov Yu., Morozov N. On the Modeling of Fracture of Brittle Solids. *ASME J. Appl. Mech.* **61**, 710–712 (1994).
6. Petrov Yu. V., Morozov N. F., Smirnov V. I. Structural macromechanics approach in dynamics of fracture. *Fatigue Fract. Engng. Mater. Struct.* **26**, 363–372 (2003).
7. Морозов Н. Ф., Товстик П. Е. О формах потери устойчивости сжатой пластины на упругом основании. *ДАН РФ* **446**, 37–41 (2012).
8. Морозов Н. Ф., Товстик П. Е. Устойчивость поверхностного слоя при силовом и температурном нагружении. *Изв. РАН. МТТ*, № 6, 5–15 (2010).
9. Кривцов А. М., Морозов Н. Ф. О механических характеристиках наноразмерных объектов. *Физика твердого тела* **44** (12), 2158–2163 (2002).
10. Иванова Е. А., Кривцов А. М., Морозов Н. Ф., Фирсова А. Д. Описание кристаллической упаковки частиц с учетом моментных взаимодействий. *Изв. АН. Механика твердого тела*, № 4, 110–128 (2003).
11. Кочнев А. С., Морозов Н. Ф., Овидько И. А., Семенов Б. Н. Процессы деформации и разрушения в графене с бивакансиями типа 555–777. *Докл. АН* **469** (6), 672–675 (2016).
12. Кочнев А. С., Морозов Н. Ф., Овидько И. А., Семенов Б. Н. Процессы деформации и разрушения в графеновых нанолентах с линейными квадрупольями дисклинаций. *Докл. АН* **468** (3), 272 (2016).
13. Альтенбах Х., Еремеев В. А., Морозов Н. Ф. Об уравнениях линейной теории оболочек при учете поверхностных напряжений. *Изв. РАН. Механика твердого тела*, № 3, 30–44 (2010).
14. Morozov N. F., Ovid'ko I. A., Sheinerman A. G., Aifantis E. C. Special rotational deformation as a toughening mechanism in nanocrystalline solids. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids* **58** (8), 1088–1099 (2010). <https://doi.org/10.1016/j.jmps.2010.04.003>
15. Bobylev S. V., Morozov N. F., Ovid'ko I. A. Emission of grain boundary dislocations by nanovoids in deformed polysilicon materials. *Reviews on Advanced Materials Science* **13** (1), 77–84 (2006).
16. Bobylev S. V., Morozov N. F., Ovid'ko I. A. Cooperative grain boundary sliding and nanograin nucleation process in nanocrystalline, ultrafine-grained, and polycrystalline solids. *Physical Review B: Condensed Matter and Materials Physics* **84** (9), 094103 (2011). <https://doi.org/10.1103/Phys-RevB.84.094103>
17. Sheinerman A. G., Morozov N. F., Gutkin M. Yu. Effect of grain boundary sliding on fracture toughness of ceramic/graphene composites. *Mechanics of Materials* **137**, 103126 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.mechmat.2019.103126>
18. Shtukin L. V., Berinskii I. E., Indeitsev D. A., Morozov N. F., Skubov D. Yu. Electromechanical models of nanoresonators. *Physical Mesomechanics* **19** (3), 248–254 (2016).
19. Morozov N. F., Belyaev A. K., Iliin D. N. Dynamic buckling of a rod under axial jump loading. *Doklady Physics* **58** (5), 191–195 (2013).
20. Belyaev A. K., Morozov N. F., Tovstik P. E., Tovstik T. P. Buckling problem for a rod longitudinally compressed by a force smaller than the Euler critical force. *Mechanics of Solids* **51** (3), 263–272 (2016).

А. К. Беляев, Ю. В. Петров, Б. Н. Семенов, Д. А. Индейцев