

УДК 001.38

DOI: 10.31040/2222-8349-2024-0-1-112-114

К 90-летию М.А. Ильгамова

## КРИТЕРИИ ИЛЬГАМОВА

© С.Ф. Урманчеев

Масштаб личности определяется масштабом проблем, за которые человек берется и достигает вершин созидательной деятельности при их решении. В особенности это суждение относится к людям науки.

Научные задачи, которые оказывались в фокусе внимания Марата Аксановича Ильгамова, всегда отличались востребованностью результатов их решения на практике – в авиационной промышленности, ракетной технике, трубопроводном транспорте, приборостроении, при разработке новых материалов и технологий. Именно практические соображения привели М.А. Ильгамова к исследованию рассматриваемых им процессов в совокупности, что когда-то дало толчок для определения основного направления его научной деятельности как решения проблем взаимодействия конструкций с рабочими средами различной природы. При этом Марат Аксанович никогда не ограничивался общепринятыми подходами для их решения: он возводил каждую из них в ранг новой теоретически значимой научной задачи.

Одной из фундаментальных особенностей математических моделей задач взаимодействия является существование различных состояний рассматриваемых систем в зависимости от особенностей изменения параметров, которые принято называть критериями устойчивости. Эти критерии и определяют характер статического и динамического поведения этих систем. Марату Аксановичу принадлежит установление критериев перехода для довольно большого числа процессов в задачах, которые были им решены.

Условно творческую деятельность Марата Аксановича можно разделить на два основных периода – казанский и уфимский. Работы, выполненные в Казани, достаточно хорошо известны специалистам и давно уже стали классическими. К ним относятся исследования по динамике упругих оболочек, заполненных жид-

костью, газом или упругим наполнителем. Затем были рассмотрены и решены многочисленные задачи линейной и нелинейной гидроупругости. Эти работы сопровождалось развитием численных алгоритмов для полномасштабных исследований поведения элементов конструкций при больших деформациях, в результате которых были установлены критериальные зависимости динамических и кинематических параметров от физических коэффициентов упругих конструкций и окружающих сред. В дальнейшем необходимость проведения численных исследований обтекания деформируемых тел в ограниченном объеме окружающей их среды привела к созданию метода неотражающих граничных условий, который позволил не только ставить граничные условия в корректной форме, но и экономить ресурсы вычислительной техники.

Особое место заняла разработка методов расчета мягких оболочек, например, топливных баков или биологических тканей. Кстати, последняя работа была выполнена в связи с одной задачей судебно-медицинской экспертизы. Ее результатом стала справедливая оценка ущерба пострадавшему в авиационном происшествии.

Развитие скоростной авиации вызвало необходимость применения парашютов для сокращения пробега самолетов по взлетно-посадочной полосе при посадке. Система, состоящая из нескольких парашютов, была неустойчивой, и парашюты часто перепутывались друг с другом, сводя на нет эффект их применения. Возникшую проблему требовалось решить в кратчайшие сроки. Марат Аксанович принял этот вызов и организовал коллектив своих единомышленников для решения этой задачи. В результате была создана теория динамического поведения проницаемых оболочек, которая легла в основу расчета парашютных систем. И здесь был установлен важный критерий, который, если выразиться без специальных

терминов, заключался в том, что форма парашюта для его устойчивого и прогнозируемого поведения должна иметь крестообразную форму...

В Уфе Марат Аксанович, продолжая в целом работы в выбранном направлении, взялся за решение новых актуальных задач, постоянно расширяя диапазон исследований.

Одной из них стала задача о колебаниях трубопровода при воздействии пульсаций давления заполняющей его жидкости. На первый взгляд, задача имеет вполне традиционную формулировку, которую можно было дополнить некоторыми необходимыми, но формальными соображениями, исходя из области применения ожидаемого результата. Однако несколько ранее М.А. Ильгамовым было выведено уравнение изгиба трубопровода, содержащего жидкость, исходя из соображений, имеющих более общий характер, чем в классических теориях. Нелинейное слагаемое, характеризующее влияние на динамику трубы ее кривизны и осевых сил, возникающих при удлинении оси трубы в процессе поперечных колебаний, позволило получить целый спектр новых возможных решений. Результатом исследований с использованием новой модели изгиба трубопровода стало обнаружение большого разнообразия видов колебательных процессов в зависимости от параметров возбуждающих пульсаций. Эти исследования позволили теоретически объяснить экспериментально установленный факт существования режима самовозбуждения колебаний со сплошным спектром частот при протекании жидкости в гибкой трубе. Было показано, что эти колебания не являются проявлением классической турбулентности вязкого потока, а обусловлены взаимодействием пульсаций давления в транспортируемой жидкости и кривизны упругой линии трубы. Теоретически этот механизм обеспечивает самовозбуждение хаотических колебаний и при отсутствии вязкости у жидкости, и при нулевой средней скорости протекания. Обязательным условием их возникновения является лишь наличие среднего давления и продольных волн, распространяющихся в жидкости. Кроме того, были выявлены критерии возникновения нелинейных вынужденных и параметрических колебаний, а также условия их взаимодействия. Обнаружены различные типы хаотических колебаний с двумя сценариями перехода к хаосу – бифуркацией удвоения периода и бифуркацией Хопфа. При-

чем, как оказалось, в некоторых случаях эти сценарии присутствуют одновременно.

Этой работой, по существу, было положено начало новым исследованиям, и в настоящее время уже вместе с коллегами рассматриваются и успешно решаются задачи о пространственных колебаниях искривленных трубопроводов. Трудно переоценить значение этих работ для устойчивой и безопасной эксплуатации производственных и транспортных систем, состоящих из переплетения огромного числа труб различной конфигурации.

В области научных интересов М.А. Ильгамова оказалась довольно интересная задача об определении критериев устойчивого сжатия сферического газового пузырька. На основе вычислительного эксперимента им вместе с коллегами были получены оценки максимального нарастания искажений сферичности пузырька в ходе его сильного расширения-сжатия. При этом было установлено, что наиболее опасными с точки зрения устойчивости сферической формы пузырька являются низкочастотные возмущения, возникающие во время его максимального расширения. К моменту экстремального сжатия газа в пузырьке амплитуда таких возмущений может нарастать до десятков тысяч раз.

Оригинальный подход к решению задачи был продемонстрирован при установлении зависимости изгиба упругой пластины от избыточных давлений, контактирующих с ней сред. Оказалось, что повышение среднего давления приводит к увеличению эффективной изгибной жесткости пластины. В случае большого среднего давления и малой относительной толщины пластины изгиб определяется изгибной жесткостью и средним давлением.

Одним из ярких творческих успехов Марата Аксановича следует назвать создание концепции, с единых позиций обобщающей различные классические теории устойчивости в механике деформируемых твердых тел и гидроупругости. Он ввел научное понятие взаимодействия неустойчивостей и установил критерии, которые определяют неустойчивое поведение гидроупругих систем. Классические теории при этом рассматриваются как частные случаи обобщенной теории Ильгамова при некоторых предельных параметрах взаимодействия.

Марат Аксанович за свою научную карьеру решил очень большое число задач и разработал ряд новых теоретических концепций в ме-

ханике деформируемых сред. В результате исследований он установил множество критериев, по которым можно судить о динамическом поведении механических систем. Все его достижения связаны с тем, что сам он всегда твердо следовал и следует очень важным критериям, которые установил для себя: это критерий беззаветной преданности науке, это критерии справедливости и доброты, это критерий безупречной принципиальности.

Поразительны не только достижения Марата Аксановича предыдущих лет, но и его те-

кущая, сегодняшняя научная активность: он регулярно с завидной частотой публикует превосходные статьи, каждая из которых открывает новую страницу в развитии науки. Это свидетельствует о неисчерпаемом запасе творческой энергии Марата Аксановича и его колоссальной работоспособности.

Долгих лет жизни, Вам, Марат Аксанович, крепкого здоровья, новых открытий и установления новых фундаментальных критериев!



### ILGAMOV CRITERIA

© S.F. Urmancheev

Mavlyutov Institute of Mechanics – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre  
of the Russian Academy of Sciences,  
69, prospekt Oktyabrya, 450054, Ufa, Russian Federation