

*Ахметшина Д.Н.*

*аспирант*

*Казанский национальный исследовательский технический*

*университет им. А.Н. Туполев - КАИ*

**МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ  
ПРОЧНОСТИ ЛА.**

*Аннотация: Целью данной работы является анализ эффективности применения различных методов оптимизации при решении обратных задач. Эти методы отличаются процедурами численного моделирования и поиска минимума функционала невязки, видов этого функционала и формой представления искомых величин. Практическое применение находят методы, основанные на вычислении градиента функционала или исследования функционала чувствительности.*

*Ключевые слова: методы оптимизации, градиентные методы, решение обратных задач, чувствительность системы, погрешность решения, деформация.*

*Akhmetshina D.*

*Post-graduate student*

*Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev-*

*KAI*

**OPTIMIZATION METHODS FOR SOLVING INVERSE PROBLEMS OF  
AIRCRAFT STRENGTH.**

*Abstract: The purpose of this paper is to analyze the effectiveness of various optimization methods in solving inverse problems. These methods differ in the procedures for numerical modeling and finding the minimum of the residual functional, the types of this functional, and the form of representation of the desired quantities. Practical application is found in methods based on the*

*calculation of the gradient of the functional or the study of the sensitivity functional.*

*Keywords: optimization methods, gradient methods, solution of inverse problems, system sensitivity, solution error, deformation.*

Наиболее универсальными методами решение обратных задач оказываются итерационные методы, основанные на методах оптимизации. При этом отказываются от решения обратной задачи, как таковой, и искомые величины определяются в ходе последовательного решения набора прямых задач. На каждой итерации решается обыкновенная прямая задача, а получаемое решение каждый раз должно каким-то образом само указывать нам, насколько «далеко» («близко») очередное приближение на данной итерации от искомого решения обратной задачи.

Экстремальные методы или методы оптимизации отличаются процедурами численного моделирования и поиска минимума функционала невязки, видом этого функционала и формой предоставления искомых величин. Каждый из перечисленных элементов влияет на эффективность решения обратной задачи прочности. Однако определяющим является выбор процедуры минимизации, которая в алгоритмах выполняет функции организатора решения [1, 2].

При решении задач идентификации используют как самые простые методы поиска минимума, основанные на переборе с заданным шагом всех допустимых значений искомых параметров, так и очень сложные методы нелинейного математического программирования, позволяющие, в частности, эффективно решать задачи на условный минимум, характерные для постановок многих реальных задач прочности.

Применение быстродействующих процедур минимизации дает возможность задавать достаточно большое число искомых параметров для восстановления прочностных характеристик и привлекать к решению обратных задач прочности строгое математическое обеспечение.

С другой стороны, методы, ориентированные на минимизацию типа простого перебора, имеют свои преимущества: они экономичны, не требуют сложной вычислительной техники, могут быть реализованы в автоматизированных измерительных системах при натурном эксперименте.

В отличие от большинства других методов «перебор» может использоваться в случаях сложной формы целевого функционала.

Как правило, чем совершенней метод минимизации, тем больше набор различных приемов ему сопутствует. В связи с этим рассмотрим наиболее характерные приемы решения обратных задач в соответствии со степенью сложности применяемых процедур минимизации целевого функционала.

Наиболее просты, как уж упоминалось, методы неавтоматизированного подбора или перебора. Действенность метода подбора можно увеличить, если его реализовать с помощью быстродействующих средств, например, на аналоговых моделях.

Переходя к методам, ориентированным на ЭВМ, отметим, что наиболее простые алгоритмы решения обратных задач предложены в работах, где искомые функции аппроксимируются рядами с последующим определением коэффициентов этих рядов.

Наиболее приемлемыми в алгоритмах обратных задач стали процедуры минимизации, в которых анализируются и учитываются формы функционала невязки. Направление поиска в этих процедурах выбирается либо в результате вычисления производных целевого функционала (градиентные методы), либо путем анализа пройденной траектории спуска к минимуму (поисковые методы).

У поисковых методов меньше скорость сходимости, чем у градиентных. Например, поиск по деформируемому многограннику в 1.2 ÷ 1.5 раза медленнее градиентного подхода. Тем не менее, поисковые методы часто оказываются предпочтительнее при решении, особенно в тех

случаях, когда сложно получить выражения градиентов. Кроме того, они более надежны, в них практически исключен выход на «останов», когда минимум еще не достигнут, что встречается в градиентном спуске.

В публикациях по методам оптимизации, опирающихся на градиентный поиск минимума, основное внимание уделяется рациональному выбору стратегии минимизации. Так, компоненты градиента могут рассчитываться по выражениям, полученным с помощью решения прямой краевой задачи, сопряженной в математическом смысле с исходной.

В основе метода лежит конструкция, включающая функции Лагранжа и штрафы за нарушение ограничений. Каждая итерация метода множителей состоит в том, что зафиксировав вектор множителей Лагранжа и параметр штрафа, проводят безусловную оптимизацию функции Лагранжа по переменным прямой задачи. Результат оптимизации используется для пересчета множителей и, возможно, параметра штрафа.

В качестве эффективного подхода при решении поставленной задачи может быть использован аппарат функции чувствительности [3, 4]. Вычисление функции чувствительности позволяет выделить переменные проектирования, изменение которых оказывает наиболее существенное влияние на рассматриваемые характеристики, и тем самым ускорять решение задач.

#### **Использованные источники:**

1. Сиразетдинов Т.К. Методы решения многокритериальных задач синтеза технических систем. М.: Машиностроение, 1988. 158 с.
2. Костин В.А., Торопов М.Ю., Снегуренко А.П. Обратные задачи прочности летательных аппаратов/ Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2002. 284с.
3. Хуан Ш.Ю., Костин В.А., Лаптева Е.Ю. Применение метода анализа чувствительности для решения обратной задачи ползучести кессона

конструкции на основе модели супер элементов// Вестник МАИ, т. 25, № 3, 2018. С. 64 – 72.

4. Костин В.А., Валитова Н.Л. Решение обратных задач прочности тонкостенных конструкций с использованием алгоритма чувствительности// Авиационная техника № 1, 2018. С. 123 – 127.