

НОРМИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ РАКЕТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Химич А.В.

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет», г. Оренбург**

В начале развития ракетной техники конструирование опиралось на опыт, накопленный в авиации. Однако специфика условий нагружения ракетных конструкций давала о себе знать, и первые ракеты довольно часто отказывали, в том числе и по причине недостаточной прочности. Не хватало проверенных методов расчета и испытаний, не было достаточных сведений о внешних нагрузках.

По мере накопления опыта отработки прочности ракет, были выработаны технические требования, которым должны удовлетворять расчеты и испытания на прочность, с тем, чтобы исключить или свести до минимума прочностные отказы в условиях эксплуатации. Со временем эти требования стали правилом (нормой) при создании новых ракетных конструкций и, по аналогии с авиацией, указанные требования называли кормами прочности.

Каждому классу ракет соответствуют свои нормы прочности, а для ракет уникального характера могут разрабатываться специальные нормы прочности, отражающие специфику этих ракет.

В нормах прочности формулируются расчетные случаи, соответствующие им расчетные условия нагружения (или условия реализации расчетных случаев), основные методические положения по методам расчетов нагрузок и прочности, приводятся коэффициенты безопасности и основные требования к испытаниям на прочность. Таким образом, нормы прочности представляют собой стандарт, регламентирующий основные положения по расчетам и испытаниям на прочность.

Значение норм прочности для практики конструирования весьма велико, поскольку от норм прочности во многом зависят масса и надежность конструкции.

И если на первых порах развития ракетной техники нормы прочности составлялись преимущественно на основе эмпирических данных, то в настоящее время имеется возможность формулировать нормы прочности на основе научного обобщения накопленного опыта. Теоретической базой для такого обобщения служит теория надежности.

Центральное место в нормах прочности отводится формулировке расчетных случаев и заданию коэффициентов безопасности. В настоящей главе дано понятие о расчетных случаях и коэффициентах безопасности. Изложение ведется на основе элементарных сведений из теории надежности.

Прочность ракетной конструкции оценивается путем анализа прочности ее составных частей – элементов. Деление конструкции на элементы осуществляется в соответствии с расчетными схемами строительной механики,

т.е. выделяются такие части конструкции, которые представляют собой балку, пластину, оболочку, кольцо и т.п.

Отдельно рассматриваются различного рода соединения: сварные, заклепочные, болтовые, клеевые и т.д. В свою очередь, каждый элемент может быть также расчленен на составные части. Например, в болтовом соединении можно выделить болт, гайку, а в болте и гайке – резьбу. Таким образом, деление конструкции на элементы имеет условный характер.

Однако это деление не может быть полностью произвольным, поскольку тесно связано с возможностями расчетов и экспериментов.

Элементом конструкции ракеты назовем такую ее часть, для которой применимы расчетные схемы строительной механики и разрушение которой означает отказ конструкции в целом.

На языке теории надежности указанное определение предполагает, что конструкция ракеты расчленяется на элементы, соединенные последовательно, благодаря чему отказ элемента совпадает с отказом системы в целом, причем для элементов имеется хорошо разработанный аппарат оценки характеристик прочности (строительная механика ракет). Части конструкции, соединенные параллельно, объединяются таким образом, в один элемент.

В свою очередь, испытания конструкции на прочность проводятся либо поэлементно, либо для группы элементов, понимаемых в указанном выше смысле, благодаря чему по данным испытаний можно проверять правильность выбора расчетных схем, взятых из строительной механики, и достаточно просто составлять заключения о прочности (не связывая прочность испытанной части конструкции с прочностью других частей). Изложенная трактовка понятия «элемент» позволяет также упростить решение задачи о прочностной надежности корпуса в целом.

Важнейшей характеристикой отдельного элемента является его несущая способность, под которой понимается совокупность нагрузок, приводящая элемент к разрушению (как внешних, так и внутренних, действующих со стороны смежных элементов). Математически несущая способность выражается в виде граничной поверхности (или кривой) в пространстве нагрузок, отделяющей область работоспособных состояний от области отказов. Условием прочности является невыход траектории нагружения за пределы области прочного состояния. На рисунке 1 приведен пример граничной кривой, характеризующей несущую способность сжатой цилиндрической оболочки.

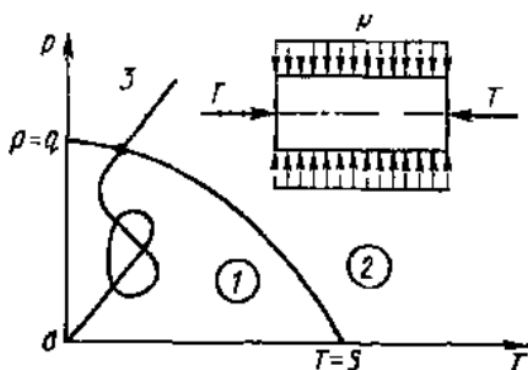


Рисунок 1 - Граничная кривая статической устойчивости цилиндрической оболочки.

Условие прочности имеет форму неравенства:

$$\left(\frac{p}{q}\right)^2 + \frac{T}{S} \leq 1$$

Уравнение граничной кривой

$$\left(\frac{p}{q}\right)^2 + \frac{T}{S} = 1$$

В случае нагружения элемента одной нагрузкой граничная кривая вырождается в точку. Для примера, показанного на рисунке 1, при $T=0$ имеем граничную точку на оси ординат ($p=q$) и условие прочности $p \leq q$. Несущая способность при $T=0$ представляет собой давление потери устойчивости равновесия.

Другой пример – шаровой баллон высокого давления, его разрушение происходит при таком внутреннем давлении, когда напряжение в стенке баллона достигает предела прочности материала на разрыв. Граничная точка и условие прочности здесь имеют такой же смысл, как и в приведенном выше примере при нагружении одной нагрузкой. Отличие состоит в знаках действующих напряжений и в характере разрушения.

Список литературы

1. Лизин, В. Т. Проектирование тонкостенных конструкций: Учеб. пособие для студентов вузов – 3-е изд., перераб. и доп. / В. Т. Лизин, В. А. Пяткин – М.: Машиностроение, 1994. – 384 с.: ил. ISBN 5-217-02379-1.

2. Моссаковский, В. И. Прочность ракетных конструкций: Учеб. пособие для машиностр. спец. вузов / В. И. Моссаковский, А. Г. Макаренков, П. И. Никитин и др.; Под ред. В. И. Моссаковского. – М.: Высш. шк., 1990. – 359 с.: ил. ISBN 5-06-000487-2.

3. Режим доступа:

<https://ru.wikipedia.org/wiki/> - 15.12.2016.

