<https://doi.org/10.38013/2542-0542-2021-2-72-75>

УДК 629.7

Новая физическая закономерность – постоянство коэффициента динамических связей модуля вектора скорости и продольной перегрузки средств боевого оснащения

А. С. Устинов

*4-й Государственный Центральный межвидовой полигон Минобороны России,
Знаменск, Астраханская область, Российская Федерация*

В статье описаны существующие проблемы определения всех запланированных оценок летно-технических характеристик средств боевого оснащения при проведении летных испытаний, предложен один из возможных способов их разрешения. Приведены результаты исследований свойств коэффициента динамических связей модуля вектора скорости и продольной перегрузки средств боевого оснащения на атмосферной части пассивного участка траектории – постоянство его значений в различных условиях проведения летных испытаний. Обоснованно вводится понятие эталонного коэффициента динамических связей исследуемой пары параметров для надежного определения оценок этих характеристик и, следовательно, проведения полного анализа результатов экспериментального пуска.

Ключевые слова: средства боевого оснащения, испытания, задачи летных испытаний, коэффициент динамических связей, условия проведения пусков

Для цитирования: Устинов А. С. Новая физическая закономерность – постоянство коэффициента динамических связей модуля вектора скорости и продольной перегрузки средств боевого оснащения // Вестник Концерна ВКО «Алмаз – Антей». 2021. № 2. С. 72–75. <https://doi.org/10.38013/2542-0542-2021-2-72-75>

For citation: Ustinov A. S. A new physical pattern – consistency of the factor of dynamic relations between velocity vector modulus and longitudinal acceleration of missile warheads // Vestnik Koncerna VKO “Almaz – Antey”. 2021. No. 2. P. 72–75. <https://doi.org/10.38013/2542-0542-2021-2-72-75>

Поступила 13.07.2020 Отрецензирована 27.07.2020 Одобрена 19.05.2021 Опубликована 18.06.2021

В настоящее время быстрыми темпами идет разработка новых образцов средств боевого оснащения (далее СБО) для ракетных комплексов стратегического назначения. Необходимым этапом для подтверждения соответствия СБО требованиям, заданным тактико-техническим заданием, и принятия решения о постановке на серийное производство являются летные испытания. От качества проведения летных испытаний (далее ЛИ) напрямую зависят оценка боевых возможностей создаваемого СБО и эффективность их целевого применения.

Важность решения задач ЛИ СБО, разработка новых образцов СБО и высо-

коточного оружия, а также сокращение общего количества испытаний предъявляют повышенные требования к надежности определения летно-технических характеристик (далее ЛТХ) СБО.

Методический аппарат обработки результатов измерений и оценивания ЛТХ СБО, существующий на полигоне, разработан несколько десятков лет назад и доказал свою работоспособность при проведении многих испытательных пусков.

При этом основным его недостатком является то, что он дает хорошие результаты только при получении всего запланированного объема внешнетраекторной и телеметрической измерительной информации. Существенные проблемы для его использования создает

частичное или полное отсутствие результатов измерений.

Отсутствие результатов измерений хотя бы одного из параметров на финишном участке траектории полета СБО не позволяет в полной мере использовать существующий методический аппарат комплексной обработки измерительной информации и, соответственно, последующего анализа результатов испытательного пуска в целом, что при сокращении общего количества испытаний недопустимо.

Проблемам, связанным с методическим обеспечением оценивания характеристик летательных аппаратов по результатам измерений, уделялось значительное внимание в работах многих ведущих специалистов в этой области [1–5 и др.].

Вместе с тем исследования показали, что задача определения значений оцениваемого параметра при отсутствии результатов его измерений в современных теоретических исследованиях и, следовательно, в существующем на испытательном полигоне методическом обеспечении анализа и оценки результатов экспериментального пуска не рассматривалась.

Таким образом, необходимость поиска новых подходов к определению оценок параметров движения СБО при условии отсутствия их прямых измерений или при получении измерительной информации, непригодной для обработки существующими методиками, очевидна.

Анализ существующих новых подходов к решению задач оценивания и анализа результатов ЛИ СБО показал возможность использования для решения рассматриваемой проблемы теоретических основ метода динамических связей [1], успешно апробированного и доказавшего свою работоспособность и эффективность (в смысле повышения точности, надежности и достоверности оценок ЛТХ СБО) в различных условиях поведения испытательного пуска. Данный метод в отличие от других позволяет с повышенной точностью, надежностью и достоверностью определять оценки ЛТХ новых образцов ракетной техники по некачественной измерительной информации, а также решать целый ряд задач анализа результатов ЛИ.

Основу метода динамических связей составляет коэффициент динамических связей (далее КДС) – математическая модель прямой функциональной связи между элементами исследуемой динамической системы, а именно отношение одного параметра к другому, нормированных по среднему:

$$q_{ij} = \left[\frac{x_i}{x_{icp}} / \frac{x_j}{x_{jcp}} \right],$$

где q_{ij} – коэффициент динамической связи;

x_i, x_j – оцениваемые параметры;

x_{icp}, x_{jcp} – средние значения параметров на исследуемом интервале.

Данный коэффициент обладает рядом уникальных свойств, подробно описанных в [1]. В том числе многие КДС сохраняют характер изменения при проведении различных пусков, а значения некоторых из них достаточно близки.

По реальным данным более чем 20 испытательных пусков автором проведены исследования свойств КДС модуля вектора скорости и продольной перегрузки СБО:

$$q_{VNxi} = \left[\frac{V_i}{V_{icp}} / \frac{N_{xi}}{N_{xicp}} \right],$$

где q_{VNxi} – коэффициент динамической связи модуля вектора скорости и продольной перегрузки СБО;

V_i – значения модуля вектора скорости СБО;

V_{icp} – среднее значение модуля вектора скорости СБО на исследуемом интервале;

N_{xi} – значения продольной перегрузки СБО;

N_{xicp} – среднее значение продольной перегрузки СБО на исследуемом интервале.

Полученные значения КДС указанной пары параметров приведены на рисунке 1.

Особое внимание при этом стоит обратить на то, что диапазон условий проведения испытательных пусков, результаты которых были взяты в обработку, достаточно широк. Исследуемые пуски проводились по разным траекториям (условия входа в атмосферу: по скорости входа

Рис. 1. Значения КДС модуля вектора скорости и продольной перегрузки

Рис. 2. Вид эталонного КДС модуля вектора скорости и продольной перегрузки

от 3000 до 7000 м/с, по углу входа от минус 20° до минус 60°); в различных метеорологических условиях (в различные времена года и времена суток); с различным составом и построением боевого порядка элементов сложной баллистической цели; с различным составом измерительных средств, задействованных в работе; объектом испытаний являлись различные виды СБО с различными массово-инерционными, аэродинамическими и другими характеристиками; по результатам каждого пуска получены различные объемы измерительной информации с различным качеством.

Как видно из приведенных данных, на атмосферной части пассивного участка траектории СБО значения КДС исследуемой пары параметров достаточно близки, несмотря на совершенно различные условия проведения пусков.

Таким образом, можно обоснованно сделать вывод о наличии физической закономерности, заключающейся в постоянстве КДС модуля вектора скорости и продольной перегрузки СБО. Как показали исследования, данный факт можно использовать для устранения существующих проблем, связанных с полным неполучением измерительной информации по одному из указанных параметров при проведении ЛИ или получении измерительной информации, непригодной для обработки существующими методиками.

Предлагается определить среднее значение КДС, принять его в качестве эталона

(рис. 2) для всех проведенных и последующих пусков и использовать его для определения или уточнения одного из параметров по имеющимся значениям другого в случае не получения его измерений, что зачастую происходит при проведении экспериментальных пусков, так как значения модуля вектора скорости являются результатом обработки внешнетраекторной информации, а значения продольной перегрузки – телеметрической информации.

Дальнейшие исследования подтвердили возможность использования приведенного эталонного значения данного КДС для решения задач анализа результатов ЛИ. В настоящее время соответствующий методический аппарат находится на стадии разработки и будет представлен в дальнейших публикациях.

Таким образом, в статье:

- описаны существующие в настоящее время проблемы определения всех запланированных оценок ЛТХ СБО при проведении ЛИ;
- обоснованно выбран метод динамических связей как один из возможных способов решения указанных проблем;
- представлена новая физическая закономерность – постоянство коэффициента динамических связей модуля вектора скорости и продольной перегрузки средств боевого оснащения, выявленная при обработке значительного объема статистического материала по результатам реальных ЛИ СБО;
- введено новое понятие эталонного значения КДС модуля вектора скорости

и продольной перегрузки средств боевого оснащения, что, по мнению автора, представляет интерес для последующих теоретических исследований зависимостей различных ЛТХ СБО как динамической системы с множеством случайных возмущающих факторов, а также их практического применения.

Список литературы

1. Тюлин А.Е., Бетанов В.В., Кобзарь А.А. Навигационно-баллистическое обеспечение полета ракетно-космических средств. Методы, модели и алгоритмы оценивания параметров движения. Монография. Кн. 1. М.: Радиотехника, 2018. 480 с.
2. Бетанов В.В., Лысенко Л.Н., Лысенко И.В., Ряполов С.И., Ступак Г.Г. Экспериментальная баллистика ракетно-космических средств. Учебник. М.: Военная академия РВСН имени Петра Великого, 2000. 287 с.
3. Сухорученко Б.И. Математические модели и методы анализа характеристик летательных аппаратов. Учебное пособие. М.: МО СССР, 1989. 340 с.
4. Разоренов Г.Н. Введение в теорию оценивания состояния динамических систем по результатам измерений. Учебное пособие. М.: МО СССР, 1981. 272 с.
5. Брандин В.Н., Васильев А.А., Худяков С.Т. Основы экспериментальной космической баллистики. М.: Машиностроение, 1974. 340 с.

Об авторе

Устинов Андрей Сергеевич – начальник лаборатории научно-исследовательского испытательного отдела 4-го Государственного Центрального межвидового полигона Минобороны России, Знаменск, Астраханская область, Российская Федерация.

Область научных интересов: информационно-баллистическое обеспечение пусков ракет.

A new physical pattern – consistency of the factor of dynamic relations between velocity vector modulus and longitudinal acceleration of missile warheads

Ustinov A. S.

4th State Central Interbranch Test Range of the Ministry of Defence of Russia, Znamensk, Astrakhan Region, Russian Federation

The paper describes the existing problems in determination of all scheduled evaluations of missile warhead performance during flight tests and puts forward one of the possible methods of problem solving. Besides, the paper gives the results of investigation of the properties of the factor of dynamic relations between the velocity vector modulus and longitudinal acceleration of missile warheads within the atmospheric passive flight leg – the dynamic relation factor is constant in different flight test conditions. The notion of the reference dynamic relation factor is reasonably introduced for both parameters under study in order to provide reliable determination of parameter estimates, and hence, to conduct a complete analysis of experimental launch results.

Keywords: missile warheads, tests, flight test objectives, dynamic relation factor, launch conditions

Information about the author

Ustinov Andrey Sergeevich – Head of Laboratory, Research and Testing Department, 4th State Central Interbranch Test Range of the Ministry of Defence of Russia, Znamensk, Astrakhan Region, Russian Federation.

Science research interests: missile launch information and ballistics support.