

УДК 621.314.5

Применение теории ультрасистем для введения обобщенных структурных характеристик измерительных задач управления космическими аппаратами

Бетанов Владимир Вадимович^(*)

vlavab@mail.ru

Ежов Сергей Анатольевич

contact@spacecorp.ru

АО «Российские космические системы», Москва, Россия

Аннотация. С использованием системного подхода и теории ультраоператоров введены обобщенные структурные свойства измерительных задач навигационно-баллистического обеспечения (НБО) управления КА, в частности, «обобщенная наблюдаемость». При этом решение задач экспериментальной баллистики предполагает использование объект-системы «задача — инструмент решения». В качестве инструмента решения выступает автоматизированная система НБО. Введенное структурное свойство позволяет решать задачу, например, уточнения баллистического коэффициента в традиционных и нетрадиционных условиях.

Ключевые слова: космический аппарат, навигационно-баллистическое обеспечение, обобщенная наблюдаемость

Введение. При решении различных задач навигационно-баллистического обеспечения (НБО) управления космическими аппаратами (КА) должен быть учтен в полной мере инструментарий решения, в качестве которого выступает автоматизированная система НБО с соответствующими подсистемами. Вместе с тем, исследование комплексного рассмотрения влияния максимального числа факторов-видов инструментария на конечный результат расчетов в известной литературе, по-существу, отсутствует. Главная трудность здесь, по-видимому, заключается в том, что «декомпозиционное» рассмотрение влияния отдельных факторов в условиях больших систем требует специфических математических методов, моделей, алгоритмов, а также в каждом случае особых приемов, подходов, описаний и пр. До последнего времени отсутствовал удовлетворительный математический аппарат, который позволял бы с единых позиций комплексно описать влияние каждого фактора-вида на конечный результат с достаточной мерой глубины (например, влияния отказов в функционировании аппаратуры и действий оператора-баллистика того или иного уровня организационной системы АС НБО при проведении расчетов). Учет инструмента решения вносит коррективы и в структурные характеристики измерительных задач.

Материалы и методы; результаты. Разработанная профессором А.В. Чечкиным [1] общая теория ультраоператоров в значительной мере удовлетворяет требованиям исследования вышеназванных вопросов, так как в ней определяется и изучается новый вид отображений, являющихся обобщением классических понятий. Классические отображения осуществляют соответствия между

точками множеств. При этом подразумевается, что точки известны с абсолютной точностью. Новые отображения, названные ультраотображениями, осуществляют соответствия между информацией о точках множеств. Таким образом, достигается общность и возможность комплексного рассмотрения вопроса, при сохранении всех возможностей детализированного описания исследуемого предмета. Основная конструкция теории, названной теорией ультрасистем, позволяет по отдельным сведениям о точке прообраза получать отдельные сведения о точке образа. На множестве ультраоператоров определяются различные операции, и изучается их алгебра.

Применение ультраоператоров и ультрасистем позволяет продуктивно описывать в том числе обобщенные структурные характеристики измерительных задач, а именно: обобщенную наблюдаемость, обобщенную управляемость, обобщенную идентифицируемость и т. д. на образе объект-системы «задача НБО — инструмент решения АС НБО», а не только в ее информационно-математическом проявлении при постановке и решении задачи.

Так, под обобщенной наблюдаемостью измерительной задачи в объект-системе может пониматься наблюдаемость задачи определения параметров движения сложного динамического объекта, например КА, не только за счет «классических» математических ее аспектов (соответствующего ранга матрицы наблюдаемости и вариантов решения в плохообусловленном случае), но также в расширенной математической трактовке (приведения нелинейной задачи путем линеаризации к линейному варианту и др.) и учета влияния других видов обеспечения инструментария (недостаточности данных, наблюдаемости в условиях шумов измерений различного рода, в т. ч. аномального характера, преднамеренной замены измерений другими данными и пр.).

При новом подходе использование информационной производной в рассматриваемой ультрасистеме позволяет ввести критерий обобщенной наблюдаемости объектов, в т. ч. и самой объект-системы в целом [2]. Последнее особенно важно при выявлении и анализе причин аварийных и нештатных ситуаций при летных испытаниях и эксплуатации исследуемых объектов, а также при уточнении баллистического коэффициента в традиционных и нетрадиционных условиях [3].

Заключение. Применение рассмотренного подхода определения движения сложных динамических объектов с учетом различных вариантов используемого инструментария позволяет в значительной степени улучшить качество проектирования и применения программно-математических комплексов НБО и создания продуктов с новыми потребительскими свойствами и абсолютным качеством.

Список источников

- [1] Чечкин А.В. *Математическая информатика*. Москва, Наука, 1991, 416 с.
- [2] Тюлин А.Е., Бетанов В.В., Кобзарь А.А. Навигационно-баллистического обеспечения полета ракетно-космических средств. Кн. 1. Методы, модели и алгоритмы оценивания параметров движения. Москва, Радиотехника, 2018, 479 с.
- [3] Тюлин А.Е., Круглов А.В., Бетанов В.В. Уточнение согласующих коэффициентов математической модели движения КА с использованием понятия «обобщенная наблюдаемость». *Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы*, 2020, № 4, с. 4–16.