

КЛАССИФИКАТОР АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ УВОДА ОБЪЕКТОВ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ С ОКОЛОЗЕМНЫХ ОРБИТ

*Институт технической механики
Национальной академии наук Украины и Государственного космического агентства Украины,
ул. Лешко-Попеля, 15, 49005, Днепр, Украина; e-mail: jerr_5@ukr.net*

Мета статті – розробка класифікатора аеродинамічних систем відведення об'єктів космічної техніки с навколосемних орбіт. Виконано класифікацію аеродинамічних систем відведення. Запропоновано схему кодування систем даного типу. З урахуванням виконаної класифікації та запропонованої схеми кодування розроблено класифікатор, який може бути використаний для автоматизації процесу проектування аеродинамічних систем. У класифікаторі ознаки в основному відносяться до форми, формоутворення і різних модифікацій аеродинамічного елемента, який безпосередньо взаємодіє з потоком розрідженої атмосфери, що набігає.

Цель статьи – разработка классификатора аэродинамических систем увода объектов космической техники с околоземных орбит. Выполнена классификация аэродинамических систем увода. Предложена схема кодирования систем данного типа. С учетом выполненной классификации и предложенной схемы кодирования разработан классификатор, который может быть использован для автоматизации процесса проектирования аэродинамических систем. В классификаторе признаки в основном относятся к форме, формообразованию и различным модификациям аэродинамического элемента, который непосредственно взаимодействует с набегающим потоком разреженной атмосферы.

The aim of this paper is to develop a classifier of aerodynamic systems for low Earth orbit space hardware deorbiting. Aerodynamic deorbiting systems are classified. A coding scheme for systems of this type is proposed. The classification performed and the proposed coding scheme have made it possible to develop a classifier that can be used in the automation of the aerodynamic system design process. In the classifier, the features mainly relate to the shape, shaping, and various modifications of an aerodynamic element that directly interacts with the incident flow of the rarefied atmosphere.

Ключевые слова: *космический мусор, классификатор аэродинамических систем увода, принцип классификации, классификационные признаки.*

Введение. По данным Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства США (NASA), ближний космос засорен объектами техногенного происхождения, так называемым космическим мусором, и его количество продолжает расти [1]. Для предотвращения роста количества фрагментов космического мусора Межагентским комитетом по космическому мусору разработаны руководящие принципы [2], которые рекомендуют ограничить срок орбитального существования объектов космической техники (ОКТ) 25-ю годами. Одним из вариантов обеспечения этих рекомендаций является использование систем увода.

Перспективными системами увода ОКТ являются аэродинамические системы увода (АСУ). Они просты в изготовлении и эксплуатации, не требуют специальной ориентации уводимого объекта, имеют относительно небольшую массу, но имеют и недостатки, а именно, снижение эффективности под воздействием факторов космического пространства: космического вакуума, солнечной радиации, атомарного кислорода и фрагментов космического мусора.

На данный момент разработан ряд конструктивных схем АСУ.

Так, в работе [4] описана конструктивная схема АСУ, аэродинамический элемент (АЭ) которой выполнен в форме надувной сферы, а в работе [5] АЭ выполнен в виде набора сферических облочков. Для повышения стойкости

АСУ к воздействию фрагментов космического мусора АЭ разрабатываются с каркасами. Каркасы могут быть как надувными, где ребра жесткости тонкопленочной конфигурации АЭ обеспечены надувными мачтами, например, в форме цилиндра [6 – 11] или тора [12 – 14], так и жесткими. Жесткие каркасы АЭ в свою очередь могут быть выполнены из материалов с памятью формы [15 – 17] или в форме выдвигаемых мачт из металлических или углеродистых материалов [18 – 21].

Постановка задачи. Разработку общих моделей технических систем целесообразно подчинить набору правил, что позволит упорядочить процесс создания модели и повысить качество моделирования. Одним из основных таких правил является использование классификации систем как основы построения модели технической системы. Наличие классификации технических систем позволяет определить вид структуры сложной технической системы, что позволяет провести декомпозицию системы в соответствии с типовой структурой.

Наиболее полное определение понятия классификации приведено в [3]: классификация (лат. classis – разряд, группа; facio – делаю) – распределение предметов какого-либо рода на взаимосвязанные классы согласно наиболее существенным признакам, присущим предметам данного рода и отличающим их от предметов других родов. Каждый класс занимает в получившейся системе – классификаторе определенное постоянное место и может делиться на подклассы.

Несмотря на отдельные публикации, посвященные техническому описанию АСУ, целенаправленной систематизации АСУ с целью их классификации до настоящего времени сделано не было.

Целью данной работы является разработка классификатора аэродинамических систем увода объектов космической техники с околоземных орбит.

Классификатор аэродинамических систем увода объектов космической техники с околоземных орбит.

При классификации любой искусственной информации исходным моментом в делении понятия является непротиворечивое установление видов. В данном случае видовым понятием является АСУ.

Конструктивно аэродинамическая система состоит из АЭ, подсистем надува или развертывания, а также подсистемы хранения на борту ОКТ.

В приведенной на рис. 1 классификации признаки в основном относятся к форме, формообразованию и различным модификациям АЭ, который непосредственно взаимодействует с набегающим потоком разреженной атмосферы и является ключевым элементом АСУ.

Все АСУ можно разделить на классы по степени жесткости АЭ:

- с гибким каркасом (1);
- с жестким каркасом (2).

К классу с гибким каркасом относятся все надувные системы, а к классу с жестким каркасом относятся системы, основание АЭ которых изготовлено из металлического или композитного материала.

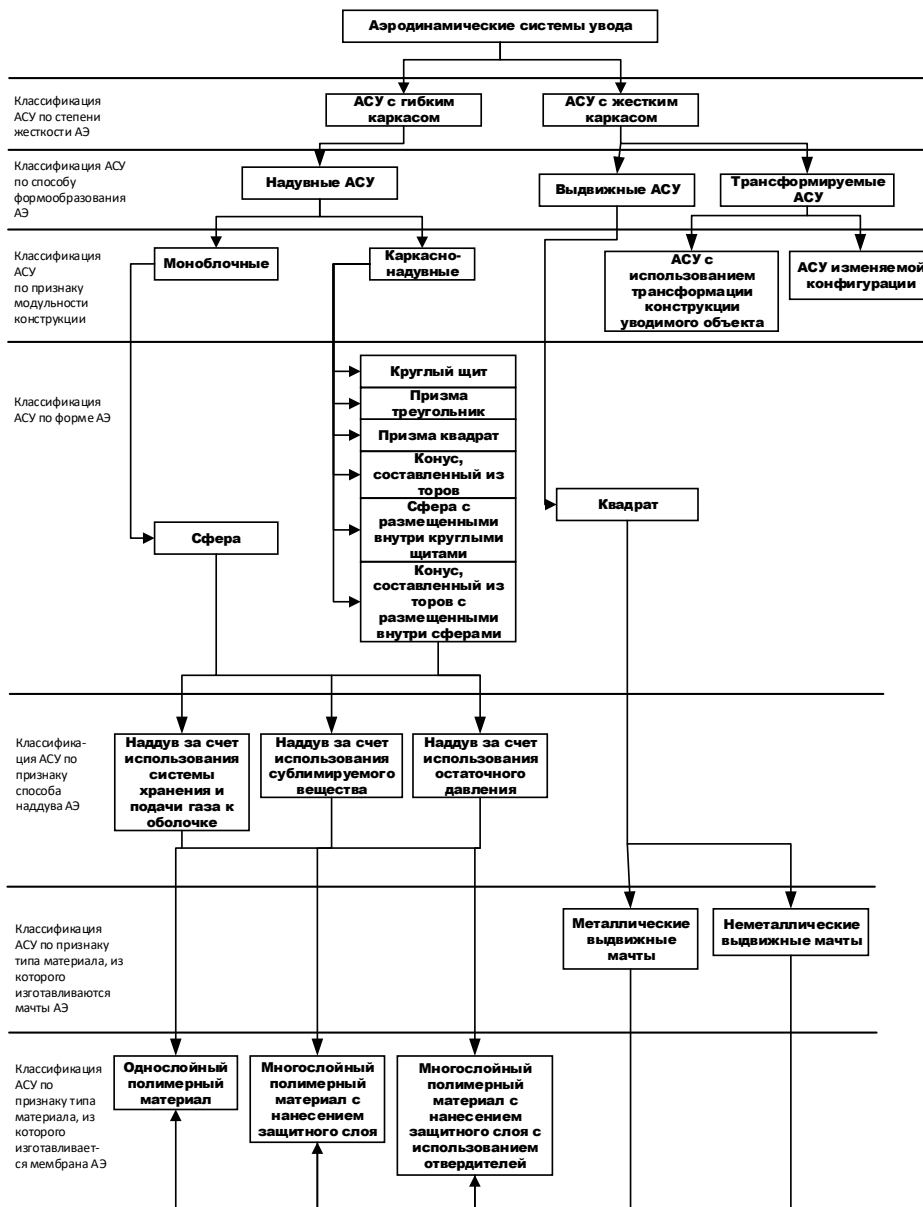


Рис. 1

Каждый из представленных классов можно разделить на подклассы в соответствии с наиболее характерным признаком.

По способу формообразования АЭ АСУ делятся на подклассы:

- надувные (1);
- выдвижные (2);
- трансформируемые (3).

Надувные системы можно классифицировать по признаку модульности конструкции АЭ на группы:

- моноблочные (1);
- каркасно-надувные (2).

Также по этому признаку можно классифицировать трансформируемые системы на группы:

– с использованием трансформации элементов конструкции уводимого объекта (3);

– изменяемой конфигурации (4).

К подгруппе моноблочных АСУ можно отнести системы со сферическим АЭ (1).

Модульные АСУ по форме АЭ в свою очередь делятся на группы:

– круглый щит (2);

– призма с треугольным основанием (3);

– призма с квадратным основанием (4);

– конус, составленный из торов (5);

– сфера с размещенными внутри круглыми щитами (6);

– тор с размещенными внутри сферами (7).

Выдвижные АСУ могут делиться на подгруппы по форме АЭ. Примером такой подгруппы является АЭ в форме квадрата (8).

Также надувные АСУ можно разделить на подгруппы по признаку способа надува АЭ:

– за счет использования системы хранения и подачи газа к надувному элементу АЭ (1);

– за счет использования сублимируемого вещества (2);

– за счет использования остаточного давления (3).

В зависимости от типа мачт, используемых для формирования АЭ, развертываемые системы можно разделить на подклассы:

– с использованием металлических мачт для формирования АЭ (1);

– с использованием неметаллических мачт для формирования АЭ (2).

В зависимости от типа материала, из которого изготавливается мембрана АЭ, системы данного типа можно разделить на подгруппы:

– мембрана из однослойного полимерного материала (1);

– мембрана из многослойного полимерного материала с нанесением защитного покрытия (2);

– мембрана из многослойного полимерного материала с нанесением защитного покрытия с использованием армирующих материалов (3).

Приведенный на рис. 1 принцип классификации основан на иерархическом подходе и соответствует фундаментальному принципу математической логики деления объема понятия (рис. 2) [3].

Для полной формализации информации недостаточно простой классификации, поэтому проводят процедуру кодирования. Для кодирования АСУ при описании классификации в скобках указан цифровой код, соответствующий порядковому номеру при классификации по соответствующему признаку. В случае отсутствия элемента в классификации ему присваивается число 0. Для иерархического метода классификации используется последовательный метод кодирования. Структура кода приведена на рис. 3.

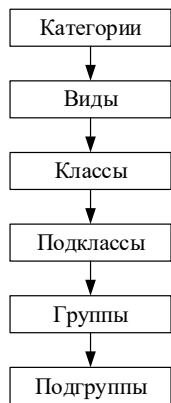


Рис. 2

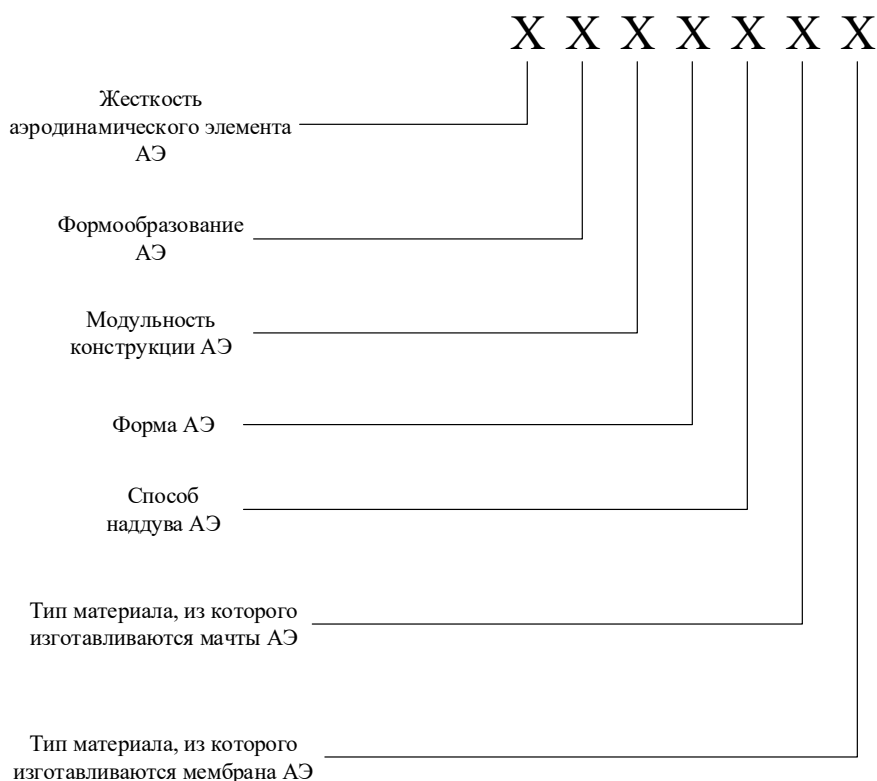


Рис. 3

Так, например, код 1127202 будет соответствовать АСУ с гибким каркасом, надувной, каркасно-надувной, АЭ в виде тора с размещенными внутри сферами, наддув производится за счет сублимируемого вещества, в конструкции отсутствуют жесткие элементы в виде мачт, мембрана изготавливается из полимерного материала с нанесением защитного слоя.

Выводы. Выполнена классификация аэродинамических систем увода. Разработана схема кодирования систем данного типа. С учетом выполненной классификации и предложенной схемы кодирования разработан классификатор, который может быть использован для автоматизации процесса проектирования аэродинамических систем. В классификаторе признаки в основном

относятся к форме, формообразованию и различным модификациям аэродинамического элемента, который непосредственно взаимодействует с набегающим потоком разреженной атмосферы.

1. Monthly Number of Objects in Earth Orbit by Object Type. The Orbital Debris Quarterly News. NASA JSC Houston. 2016. Iss. 20, No 1, 2. P. 14.
2. IADC Space debris mitigation guidelines. IADC-2002-01. Revision 1. Prepared by the IADC Steering Group and WG4 members. 2003. September. 10 p. URL: http://www.iadc-online.org/index.cgi?item=docs_pub. (дата обращения 03.03.2017).
3. Кондаков Н. И. Логический словарь-справочник. Москва, 1975. 720 с.
4. Патент США на изобретение №6830222, МПК В 64 G 1/62. Balloon device for lowering space object orbit, К. Т. Nock, А. D. McRonald, К. М. Aaron. 10/394477; заявл. 21.03.03; опубл. 14.12.04.
5. Патент Российской Федерации на изобретение №2199474, МПК В64G1/62. Устройство надувной пассивной системы торможения последней ступени ракетоносителя. Маторов Ю. Н., Дукин А. Д. 2000131539/28; заявлено 15.12.2000; опубликовано 27.02.2003.
6. Патент США на изобретение №6550720, МПК В64G1/22. Fliter Aerobraking orbit transfer vehicle, DeBra D.B., P. Gloyer, Z. Wahl, D. Goldshtein. 09/925,207; заявлено 09.08.2001, опубликовано 22.04.2003.
7. Gloyer P. Aerobracking technology for Earth orbit transfers. 16th Annual/USU Conference on Small Satellites/SSC02-VII-2, August 12 – 15, 2002. URL: <http://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1932&context=smallsat> (дата обращения 10.03.2015).
8. Патент Российской Федерации на изобретение №2435711, МПК В64G 1/24. Развертываемая аэродинамическая поверхность азототорможения спутника. FR20060050661; заявл. 14.02.07; опубл. 10.12.11.
9. Dupuy C., Le Couls O. Gossamer technology to deorbit LEO non-propulsion fitted satellite. 40th Aerospace mechanisms symposium, NASA Kennedy space center, may 12 – 14, 2010.
10. Maesen D. S., Van Breukelen E. D., Zandbergen B. T. C., Bergsma O. K. Development of a generic inflatable deorbit device for cubesats. 58th International astronautic congress, September 24 – 28, 2007, Hyderabad, Andhra Pradesh, India, IAC-07-A6.3.06.
11. Roberts P. C. E., Bowling T. S., Hobbs S. E. MUSTANG : A technology demonstrator for formation flying and distributed systems technologies in space. Proceedings of 5th conference Dynamics and control of systems and structures in space, Kings College, Cambridge, July 2002. URL: <https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/bitstream/1826/881/1/MUSTANG-formation%20flying%20in%20space-2002.pdf> (дата обращения 01.05.2014).
12. Патент США на изобретение №4504031, МПК В64G 1/58. Aerodynamic braking and recovery method for a space vehicle. 353828; заявл. 02.03.82; опубл. 12.03.85.
13. Патент США на изобретение №4832288, МПК В64G 1/58. Recovery system. 76631; заявл. 23.07.87; опубл. 23.05.89.
14. Патент США на изобретение №6264144, МПК В64G 1/14. Material assembly for an inflatable aerodynamic braking device for spacecraft deceleration and the like. 09/520533; заявл. 08.03.00; опубл. 24.01.01.
15. Заявка на патент на изобретение № WO2012092933, МПК7 В64G1/62. Selfdeployable deorbiting space structure, A. S. Kristensen, L. Damkilde. PCT/DK2012/050009; заявл. 06.01.12; опубл. 12.07.12.
16. Stackpole E. De-Orbit Mechanism for a Small Satellites. E. Stackpole. Presentation for Small spacecraft division of NASA Ames research center, Moffet Field, CA. URL: http://mstl.atl.calpoly.edu/~bklofas/Presentations/DevelopersWorkshop2009/1_New_Tech_1/2_Stackpole-Deorbit.pdf (дата обращения 01.07.2015).
17. Wolanski P. PW-SAT first polish satellite. S&T Subcommittee of COPUOS 15 February 2012. URL: <http://www.oosa.unvienna.org/pdf/pres/stsc2012/tech-44E.pdf> (дата обращения 10.01.2014).
18. NASA – NanoSail-D Home Page. NASA – Home. URL: http://www.nasa.gov/mission_pages/smallsats/nanosaild.html (дата обращения 14.01.2014).
19. Кошкин Н. И., Коробейникова Е. А., Лопаченко В. В., Меликянц С. М., Страхова С. Л., Шакун Л. С. О характере движения микроспутника с парусом в атмосфере («NanoSail-D»). Космічна наука і технологія, 2012. Т. 18. С. 31–38.
20. Sinn T., Lücking C., Donaldson N. and other. StrathSat-R: Deploying inflatable cubesat structures in micro gravity. Proceedings of 63rd International Astronautical Congress, Naples, Italy, 2012, IAC-12-E2.3.7.
21. PW-SAT2 Preliminary design review. Deployment team. URL: <http://pw-sat.pl/en/documentation/> (дата обращения 02.08.2015).

Получено 04.12.2017,
в окончательном варианте 11.12.2017