

1. Прохоренко Виктория Ивановна;
2. О выборе высокоапогейных орбит ИСЗ на основе качественных методов теории возмущений и ситуационного анализа. Часть 1. Ситуационные исследования, основанные на орбитальных торах;
3. Космич. исслед. 2016. Т. 54. № 2. С. 143 – 163;
4. Работа посвящена переосмыслению опыта, накопленного в процессе подготовки и реализации космических экспериментов в области Солнечно-Земной физики, и имеет своей целью передачу этого опыта новому поколению исследователей. Опыт показывает, что прежде чем запускать КА на орбиту, необходимо произвести серьезную работу по выбору подходящих орбит, исходя из задач проекта и с учётом технических ограничений. Только после этого можно выбирать диапазон возможных дат старта на выбранные орбиты. Процесс выбора орбит основан на ситуационном анализе взаимного положения Солнечно-Земной магнитосферы и семейства орбит, свободным параметром которого является прямое восхождение восходящего узла орбиты, измеряемое в плоскости земного экватора относительно точки весеннего равноденствия, при фиксированных начальных значениях остальных четырёх орбитальных элементов, выбираемых исходя из технических ограничений. Отметим, что ситуационный анализ играет существенную роль также при анализе особенностей вековой эволюции орбит под влиянием внешних гравитационных возмущений и времени баллистического существования орбит. Актуальность работы заключается в том, что накопленный опыт является востребованным для выбора орбит, исходя из задач новых проектов. Целью работы является стремление достичь взаимопонимания между участниками проекта и баллистиками, которые работают в разных системах координат: баллистики – в системах координат, связанных с экватором, а физики – в эклиптических системах координат;
5. Предлагаемые методы выбора орбит состоят из двух составляющих. Первая из них основана на использовании математических моделей исследуемых областей околоземного космического пространства и различных приемов ситуационного анализа, среди которых ключевую роль играют годовые и суточные орбитальные торы, разработанные автором около 35 лет назад. В основе второй составляющей лежат качественные методы теории возмущений высокоапогейных орбит ИСЗ, которые были разработаны М.Л. Лидовым более 50 лет назад, и в настоящее время получили широкое распространение под названием «теория резонанса (или эффекта) Лидова-Козаи». Роль ситуационного анализа показана на примере орбит для космических аппаратов (КА) серии «Прогноз», запущенных в 1972-1995 годы. Отметим, что орбиты первых семи КА серии «Прогноз» представляли собой семейство орбит, свободным параметром которого являлось значение прямого восхождения восходящего узла. Значения остальных четырёх орбитальных элементов: большая полуось, эксцентриситет, наклонение к плоскости земного экватора и аргумент перигея были фиксированы. В то время гарантийный срок работы бортовой аппаратуры был ограничен одним полугодием. С учётом этого обстоятельства при запуске КА на орбиты, нацеленные на изучение дневной области магнитосферы, необходимо было обеспечивать начальное расположение апогейного участка орбиты вблизи вечернего меридиана магнитосферы. А при запуске орбит, нацеленных на изучение ночной (хвостовой) области магнитосферы, необходимо было обеспечивать начальное расположение апогейного участка орбиты вблизи утреннего меридиана. При таком стереотипе запуска начальное значение прямого восхождения восходящего узла орбиты, измеряемое в плоскости Земного экватора относительно точки весеннего равноденствия текущей эпохи, было связано с датой старта взаимно однозначным соотношением. Учитывая, что дата старта в те времена являлась компетенцией Государственной комиссии, прямое восхождение восходящего узла орбиты практически однозначно определялось датой старта и у авторов проекта не оставалось возможности влиять на выбор «свободного параметра» орбиты. Отметим, что первые два КА этой серии были запущены при активном участии М.Л. Лидова с

учётом особенностей вековой эволюции орбит под влиянием внешних гравитационных возмущений и времени баллистического существования. Из всех орбит первой серии, нацеленных на изучение дневной магнитопаузы, наиболее удачными оказались орбиты КА Прогноз-1 и Прогноз-3, обеспечившие наиболее широкий охват солнечно-эклиптической широты пересечений дневной части магнитопаузы. Остальные орбиты с точки зрения охвата изучаемых областей магнитосферы оставляли желать лучшего. После запуска на орбиту КА Прогноз-7 среди экспериментаторов появилось активное стремление изменить сложившуюся ситуацию. И здесь очень полезными оказались ситуационные исследования, основанные на использовании орбитальных торов, разработанных к тому времени автором статьи. Орбитальные торы образуются орбитами во вращающихся вокруг оси Z прямоугольных системах координат. В невращающихся инерциальных системах координат орбитальные торы образуются семействами орбит, свободным параметром которых является прямое восхождение восходящего узла. Применение ситуационных исследований в процессе выбора орбит для очередной серии КА Прогноз-8, Прогноз-10 и Интербол-1, привело к изменению стереотипа запуска КА на орбиты: сначала выбирались значения свободных орбитальных элементов, исходя из задач проектов, а затем - даты старта. Следует отметить, что в процессе подготовки проекта Интербол гарантийный срок работы бортовой аппаратуры был увеличен до двух с половиной лет, а проработала аппаратура в этом проекте в течение всего срока баллистического существования КА Хвостовой зонд, который составил около 5 лет. Сегодня ситуационные исследования являются актуальными для выбора орбит, исходя из задач новых проектов;

6. Используемые методы решения рассматриваемых задач разработаны автором статьи и являются оригинальными. Разработка этих методов началась в конце семидесятых годов прошлого века, а успешный опыт их практического применения к реальным проектам пришёлся на восьмидесятые и девяностые годы. Соответствующие публикации в те годы были сделаны в виде препринтов ИКИ РАН, на которые имеются ссылки в предлагаемой работе. Настоящая статья содержит дальнейшее развитие этих методов;
7. Для демонстрации результатов ситуационных исследований широко используется компьютерная графика. В работе показано, что геометрия годовых орбитальных торов в первом приближении позволяет представлять в наглядной форме информацию о достижимых областях Солнечно-Земной магнитосферы для различных орбит рассматриваемого семейства. Подобные исследования позволяют находить неожиданные решения для новых, порой не вполне сформулированных задач, связанных с положением годовых орбитальных торов относительно магнитосферы. Итак, выбор орбит, исходя из задач проектов, сводится к выбору начального значения свободного параметра рассматриваемого семейства орбит. С другой стороны понятно, что для практики нужна свобода выбора даты старта. Для решения этого вопроса автором (в 2014 году) был предложен метод выбора начального значения геоцентрического перигейного расстояния орбиты с заданным запасом высоты над поверхностью Земли, учитывающий (при заданном значении большой полуоси) амплитуду колебаний приращения высоты перигея за виток под влиянием гравитационных возмущений от Луны на начальной стадии полета. Такой выбор начального значения высоты перигея позволяет не заботиться об опасности её снижении на начальной стадии полёта. Свободе выбора даты старта внутри выбранного года старта также способствовало увеличение гарантийного срока работы бортовой аппаратуры. При запуске КА из заданной точки старта время старта определяется исходя из приведенного во введении известного соотношения, связывающего время старта с выбранной датой старта, элементами орбиты и координатами точки старта. Добавим, что учитывая прецессию орбиты Луны, период которой составляет восемнадцать с половиной лет, год старта КА на выбранную орбиту можно выбирать с учётом характера вековой эволюции орбиты под влиянием гравитационных возмущений от Луны и времени баллистического существования.