

3. Найдена область качественного трехкомпонентного электролита для ЭПП, состоящего из водного раствора KF (1 – 8 %) и NH₄F (1 – 5 %).

4. Выявлена взаимосвязь колебательных процессов при ЭПП с шероховатостью поверхности. Доказано, что изменение интенсивности спектра колебания в процессе ЭПП позволяет контролировать качество обрабатываемой поверхности непосредственно в течении технологического процесса.

Библиографические ссылки

1. Куликов, И. С. Электролитно-плазменная обработка материалов [Текст] / И. С. Куликов, С. В. Ващенко, А. Я. Каменев. – Мн.: Беларус. наука, 2010. – 232 с.

2. Радченко, С. Г. Методология регрессионного анализа [Текст]: монография / С. Г. Радченко. – К.: Корнийчук, 2011. – 376 с.

3. Володько, Е. Г. Повышение эксплуатационных характеристик поверхностного слоя ответственных деталей с применением микродугового оксидирования [Текст] / Е. Г. Володько, В. А. Тутьк, В. С. Гришин // Вісн. Дніпропетр. ун-ту. Сер. «Ракетно-косм. техніка». 2014. – Вип. 18 – Т.2 – С. 46 – 51.

4. Володько, Е. Г. Планирование активного эксперимента для прогнозирования шероховатости при электролитно-плазменной полировке [Текст] / Е. Г. Володько, В. А. Тутьк // Системні технології. – Д., 2015. – С. 163 – 166.

5. Володько, Е. Г. Повышение качества поверхностного слоя имплантатов из титановых сплавов с применением электролитно-плазменной полировки на финишных этапах обработки [Текст] / Е. Г. Володько, В. А. Тутьк // Людина і Космос : тез. доп. XVII Міжнар. молодіжн. наук.-практич. конф., 8 – 10 квіт. 2015 р. / Нац. центр аерокосміч. освіти молоді ім. О. М. Макарова [та ін.]. – Д., 2015. – С. 134. – DVD, ISSN 2221-4550. – Загл. с экрана

Надійшла до редколегії 29.05.2015

УДК 621.317.39

Е. Ю. Голуб^{1,2}, А. В. Заболотный¹

¹ *Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»,
Украина*

² *НПП ХАРТРОН-АРКОС ЛТД, Украина*

КОМПЕНСАЦИЯ «СОРТОВОЙ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ» ИЗМЕРЕНИЙ ВЛАЖНОСТИ ДИЭЛЬКОМЕТРИЧЕСКИМИ ВЛАГОМЕРАМИ. ПОИСК СПОСОБА

В целях решения проблемы сортовой зависимости диэлькометрических влагомеров проведен поиск способов, позволяющих компенсировать влияние сорта материала. В результате анализа разработана их классификация, в которой способы объединены в группы по принципу реализации. Выделены достоинства и недостатки каждой из групп. В соответствии с требованиями по компенсации влияния сорта материала выбрана группа тестовых методов измерения влажности, на наш взгляд наиболее перспективная.

Ключевые слова: влажность, диэлькометрический влагомер, сортовая неопределённость, тестовый метод.

Для вирішення проблеми сортової залежності дієлькометричних вологомірів проведено пошук способів, що дозволяють компенсувати вплив сорту матеріалу. В результаті аналізу розроблено їх класифікацію, в якій способи об'єднані в групи за принципом реалізації. Визначено переваги та недоліки кожної з груп. Відповідно до

вимог щодо компенсації впливу сорту матеріалу вибрано групу тестових методів вимірювання вологості, що, на наш погляд, є найбільш перспективна.

Ключові слова: вологість, дієлькометричний вологомір, сортова невизначеність, тестовий метод.

For the purpose of a solution of the problem of substance type dependence for capacitive moisture meters in article it is carried out the search of the methods allowing to compensate influence of substance type. In result of the analysis the classification in which methods are grouped according to the principle of their realization is developed. Advantages and disadvantages of each group are determined. According to requirements for compensation of substance type influence it is chosen the group of test methods for moisture measuring seeming to the most perspective.

Key words: moisture, capacitive moisture meter, uncertainty of substance type, test method.

Постановка проблеми. Контролю вологості при експлуатації аерокосмічних систем уделяється немаловажне значення. Так, наприклад, для жидкостних ракетних двигателів однією з важливих задач є визначення вмісту води в горючому ракеті. В першу чергу це пов'язано з тим, що навіть невелике кількість води або водяного пару, що знаходиться в баці з рідким або сконденсованим газом (горючим), може призвести до утворення кристалів льоду. При попаданні в паливну систему ракети такі льодоутворення впливають на її частини як абразивний матеріал і можуть стати причиною аварії ракети [4]. Крім того, наявність вологи в рідких паливах для ракет призводить до сильної корозії деталей, викликаній хімічною реакцією, що відбувається між водою, окислювачем і поверхнею соприкасаються з паливом деталей [1].

На сьогоднішній день існує велика кількість пристроїв для визначення вологості матеріалів – вологомери. Сучасне розвиток вологометрії характеризується, перш за все, високою точністю проводимих вимірювань і постійним пошуком нових технічних рішень, що дозволяють враховувати в вимірному процесі всі впливаючі фактори і забезпечувати простоту використовуваних засобів поряд з високим швидкістю. При цьому фізична сутність процесу визначення вологості залишається незмінною: досліджує матеріал, що містить вологу, порівнюється з деякою зразковою величиною (наприклад, обезвоженим досліджує матеріалом) і за результатами порівняння визначається невідомий параметр. З цього випливає, що тип (сорт) матеріалу впливає на вибір зразкової величини [3]. Таким чином, можна позначити проблемне поле – наявність «сортової невизначеності» вимірювань дієлькометричними вологомерами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В ранніх роботах авторів статті проведено порівняльний аналіз методів визначення вологості речовин. В результаті зроблено вибір на користь дієлькометричного методу. Таким чином, аналіз останніх досліджень і публікацій будемо здійснювати в межах вибраного методу.

На сьогоднішній день існує кілька способів компенсації «сортової невизначеності» вимірювань дієлькометричними вологомерами [2]. Одним з них є введення до вологомер спеціальних градуировочних кривих, що несуть інформацію про вимірює матеріал. Також вологомери можуть бути оснащені калібрівочними таблицями, за якими користувач визначає вологість речовини. Єстественно, що і в тому і в іншому випадку є ряд складнощів, пов'язаних, перш за все, з тим, що неможливо врахувати всі кількості речовин і їх видів, вологість яких необхідно визначати.

Формулювання цілей дослідження. Таким чином, метою досліджень в даній статті є пошук способу або групи способів вимірювання

влажності в рамках дієлькометричного методу, дозволяючих компенсувати вплив сорту матеріалу на результат вимірювання. Основними вимогами, які пред'являються до способу, є можливість його застосування як в лабораторних, так і в виробничих умовах, як при вимірюваннях з обмеженим об'ємом матеріалу, так і в потоці.

Основні результати досліджень. В рамках поставленої мети авторами проведено аналіз способів визначення вологості дієлькометричними вимірниками. В якості інформаційної бази використовувалися патенти та авторські свідоцтва СРСР, Росії [18, 21–22], України [23], США [19, 20], Японії, Китаю та країн Європи [19] за період 1944 – 2014 рр. В загальній складності проаналізовано близько 135 джерел (патенти та авторські свідоцтва). Всі способи об'єднані в 14 груп за принципом реалізації, а їх класифікація наведена в табл. 1.

Таблиця

Класифікація способів вимірювання вологості

№ п/п	Назва групи способів	Перелік джерел інформації (патенти, авторські свідоцтва)
1	Вимірювання дієлектричної проникності при емульгації досліджуваної суміші, зміні кількісного складу або агрегатного стану одного з компонентів даної суміші	SU 159692, 1964; SU 178569, 1966; SU 186740, 1966
2	Визначення вологості речовини за зміною температури, шляхом вимірювання дієлектричної проникності при різних температурах або в результаті температурного впливу	SU 209806, 1968; SU 662854, 1979; SU 1111088, 1984; SU 1144045 A, 1985; SU 1434351 A1, 1988; SU 1476368 A1, 1989; SU 1599748, 1990; US 5073756 A, 1991 (EP 0405229 A2, 1991; DE 3920787 A1, 1991; EP 0405229 A3, 1992; EP 0405229 B1, 1995); SU 1718091, 1992
3	Визначення вологості речовини залежно від частоти	US 3226635 A, 1965; SU 183471, 1966; SU 243955, 1969; SU 268003, 1970; SU 321738, 1971; US 3675121 A, 1972 (CA 921118 A1, 1973; DE 2120744 A1, 1971); CA 2326703, 1976; SU 648895, 1979; EP 0019154 A1, 1980 (DE 2919230 A1, 1980); SU 828053, 1981; SU 857840, 1981; SU 987492, 1983; WO 1992007251 A1, 1992 (DE 69129859 D1, 1998; EP 0552275 A1, 1993; EP 552275 B1, 1998; US 5418466 A, 1995); SU 1822964 A1, 1993; WO 1997001090 A1, 1997; UA 17939, 1997; RU 2082158 C1, 1997; RU 2092824 C1, 1997; US 20040025574 A1, 2004; UA 75443 C2, 2006; UA 76326 C2, 2006; WO 2007109772 A3, 2008 (US 20070224692 A1, 2007; WO 2007109772 A2, 2007); UA 52360 U, 2010; RU 2416092 C1, 2011
4	Визначення вологості речовини з використанням градуірованих та тарированих характеристик, каліброваних кривих	US 2373846 A, 1945; US 2499069 A, 1950; SU 247610, 1969; SU 280992, 1970; SU 273508, 1970; SU 357510, 1972; SU 112892, 1980; по заявці SU 3315243/25, 1981; US 4352059 A, 1982 (EP 0053628 A1, 1982; WO 1981003709 A1, 1981); SU 1061031 A, 1983; SU 991276, 1983; SU 1144045 A, 1985; SU 1206671, 1986; US 4774680, 1986; SU 1283638, 1987; SU 1476368 A1, 1989; SU 1518763 A1, 1989; SU 1555655, 1990; SU 1636757, 1991; SU 1718089, 1992; SU 1718091, 1992; SU 1728764, 1992; SU 1746282, 1992; SU 1728765, 1992; SU 1822963 A1, 1993; RU 2065603 C1, 1996; RU 2174678 C1, 2001; RU 2320985 C1, 2008; UA 84682 C2, 2008; RU 2484453 C1, 2013

№ п/п	Название группы способов	Перечень источников информации (патенты, авторские свидетельства)
5	Воздействие на исследуемое вещество электрическим полем	US 3090004 A, 1963; SU 216807, 1966; SU 280992, 1970; SU 306411, 1971; SU 337708, 1972; SU 370513, 1973; SU 578629, 1977; по заявке SU 3315243/25, 1981; SU 834489, 1981; SU 1061031 A, 1983; SU 1165967, 1985; SU 1772710 A1, 1992; SU 1749810 A1, 1992; UA 10783, 1996; UA 10782, 1996; UA 44052 A, 2002; WO 2006069720 A2, 2006 (US 7659730 B2, 2010, US 20080084220 A1, 2008, EP 836484 A2, 2007, DE 102004063229 A1, 2006, CN 101084432 A, 2007); UA 76326 C2, 2006; WO 2006069721 A3, 2006 (US 7679377 B2, 2010, US 20080164887 A1 2008, EP 1836482 A2, 2007, DE 102004063228 B4, 2007, CN 101088008 A, 2007); RU 2383885 C1, 2010
6	Определение влажности с использованием емкостных датчиков различной конструкции	SU 249749, 1969; SU 297916, 1971; SU 572698, 1977; SU 667881, 1979; SU 1165967 A, 1985; SU 1749810 A1, 1992; UA 77818 C2, 2007
7	Определение влажности путём извлечения влаги из вещества с последующим её измерением	US 2499069 A, 1950; US 3253458 A, 1966; SU 452781, 1974
8	Измерение влажности с уплотнением материала	US 2343340 A, 1944; US 3348140 A, 1967; SU 561124; SU 842542, 1981; SU 1330533 A1, 1987; SU 1509715 A1, 1989; US 6440475 B1, 2002
9	Измерение емкости первичного преобразователя с исследуемым веществом в исходном и обезвоженном состоянии или с исследуемым и образцовым веществом	SU 204018, 1967; SU 243955, 1969; SU 585436, 1977; SU 744307, 1980; SU 857840, 1981; US 4352059 A, 1982 (EP 0053628 A1, 1982, WO 1981003709 A1, 1981); по заявке JP 63-59103, 1988; SU 1434351 A1, 1988; US 4853614 A, 1989; SU 1807373 A1, 1993; SU 1827614 A1, 1993; UA 15065, 1997; RU 2174678 C1, 2001; UA 48438 A, 2002; UA 55453 C2, 2003; UA 75700 C2, 2006; UA 75699 C2, 2006; UA 95573 C2, 2011; RU 2484453 C1, 2013
10	Измерение нескольких параметров, таких как диэлектрическая проницаемость, тангенс угла диэлектрических потерь, плотность, сорт, температура, скорость прохождения ультразвука и т. д.	SU 557300, 1977; SU 1265569 A1, 1986; SU 1479863 A1, 1989; SU 1567952, 1990; SU 1583816, 1990; SU 1636757, 1991; SU 1681221, 1991; SU 1670561, 1991; RU 2109277 C1, 1998; RU 2174678 C1, 2001; UA 75443 C2, 2006; UA 95572 C2, 2011
11	Измерение емкости первичного преобразователя в пустом и заполненном состоянии	US 2665409 A, 1954; US 3231814, 1966; SU 247611, 1969; SU 569932, 1977; SU 1056029 A, 1983; SU 1453296 A1, 1989; US 5253512 A, 1993; RU 2168719 C1, 2001; UA 50766 U, 2010
12	Определение влажности вещества по коэффициенту амплитудной модуляции, току	SU 1439478 A1, 1988; US 4352059 A, 1982 (EP 0053628 A1, 1982, WO 1981003709 A1, 1981); SU 1283638, 1987; SU 1822964 A1, 1993; RU 2478943 C2, 2013
13	Определение влажности вещества по углу сдвига фаз сигналов	SU 585436, 1977; SU 1627964 A1, 1991; RU 94042610 A1, 1996; UA 55453 C2, 2003; US 6904789 B2, 2005
14	Определение влажности с использованием тестовых методов (в т.ч. с добавками воды)	SU 1157439 A, 1985; SU 1265571 A1, 1986; SU 1332216 A1, 1987; SU 1423952 A1, 1988; SU 1732247 A1, 1992; UA 104201 C2, 2014

Рассмотрим более подробно приведенную классификацию.

Основной идеей первой группы способов является повышение точности измерений влажности путём изменения исходного состояния вещества: эмульгация исследуемой смеси, перевод одного из компонентов смеси в другое фазовое состояние или добавка обезвоженного вещества в смесь. Проанализировав способы группы 1, можно сказать, что целесообразным является их использование не в качестве отдельных приёмов для повышения точности измерений, а в совокупности с другими методами как необходимое условие. При этом нерешённой остаётся также проблема «сортовой неопределённости».

В способах второй группы воздействующим фактором при определении влажности веществ является температура. Диэлектрическая проницаемость вещества измеряется при различных температурах, например положительной и отрицательной. Теоретически возможность компенсации влияния сорта вещества присутствует, но на практике даже при глубоком замораживании часть воды остаётся в жидком состоянии и определить количество незамерзшей воды можно только приблизительно. Затруднительным и не всегда возможным является и сам процесс замораживания вещества, например, движущегося в непрерывном потоке. В патенте [14] определяют сорт нефти путём измерения диэлектрической проницаемости плёнки осушенной нефти. Такой способ является достаточно сложным, поскольку требует наличия специальных измерительных преобразователей и системы осушки нефти. Кроме того, подобную процедуру необходимо проводить каждый раз для различных марок нефти.

Группа 3 представляет способы определения влажности путём измерения ёмкости первичного преобразователя на двух или нескольких частотах, а влажность вычисляют по соотношению значений этих ёмкостей. Такой подход действительно позволяет компенсировать влияние сорта, но его реализация невозможна без использования резонансных схем, которые очень чувствительны к внешним воздействиям и помехам. Способы данной группы скорее пригодны для лабораторных измерений, а в полевых или производственных условиях точность может быть низкой.

Группа 4 включает в сумме 30 патентов и авторских свидетельства, в которых предложены способы определения влажности вещества по предварительно построенной градуировочной зависимости. Тип исследуемого вещества указывает оператор. Проблема в том, что диэлектрическая проницаемость веществ – объектов контроля является ненормированной величиной и существенно варьируется даже для одного типа зерна или нефтепродукта. Учесть полный спектр таких изменений практически невозможно. Кроме того, низкое быстродействие и сложность способов группы 4 не позволяет использовать их для оперативного контроля влажности эмульсий, проходящих, например, по трубопроводам.

Пятая группа включает 20 источников и представляет способы определения влажности путём воздействия на исследуемый материал электрическим полем. Под воздействием электрического поля, образовавшегося в межэлектродном пространстве преобразователя, частицы воды начинают перемещаться к обкладкам измерительного конденсатора, что приводит к увеличению его ёмкости. Прекращение изменения ёмкости свидетельствует о полном перемещении частиц воды к электродам. Способы данной группы не позволяют учитывать сорт вещества и требуют построения зависимости ёмкости от напряжения для каждого отдельно-го объекта измерения.

Основная идея способов группы 6 состоит в повышении точности определения влажности путём разработки и усовершенствования первичных преобразователей. Группа представляет самые разнообразные конструкции датчиков: в виде цилиндра с помещённым внутрь вращающимся диэлектрическим цилиндром [13]; в виде кварцевой ампулы [17]; трёхэлектродный ёмкостной датчик [6,

11]; конусообразный датчик с углом при основании, большим угла естественного откоса сыпучего материала [15], с обкладками в виде гребёнок [12]. В современной технике чётко прослеживается тенденция к упрощению конструкции устройств, что связано с требованиями к надёжности, массогабаритным и эргономическим показателям. Вследствие этого способы данной группы не находят широкого применения среди фирм-производителей влагомеров.

Способы седьмой группы позволяют определять влажность путём извлечения влаги из вещества с последующим определением её количества. Общим их недостатком является сложность процедур извлечения влаги и низкое быстродействие.

В способах восьмой группы, актуальных для сыпучих материалов, реализовано повышение точности измерения за счет принудительного уплотнения исследуемой пробы или её измельчения. Влияние сорта материала не компенсируется.

Группа 9 включает способы, основанные на измерении ёмкости первичного преобразователя с исследуемым веществом в исходном и обезвоженном состоянии или с исследуемым и образцовым веществом. Действительно, данные способы позволяют избавиться от сортовой зависимости, поскольку заранее известны параметры образцового вещества. Основная проблема заключается в получении образцового вещества с заданной диэлектрической проницаемостью или в качественном обезвоживании исследуемого материала.

В следующей группе способов влажность рассматривается как функция нескольких параметров: тангенса угла диэлектрических потерь, плотности, сжимаемости, температуры, скорости распространения ультразвука и т.д. Общим их недостатком является необходимость реализации нескольких измерительных каналов для контроля параметров различной физической природы, что значительно усложняет подобные средства измерений.

Группа 11 включает 9 источников. Основной идеей способов данной группы является определение влажности путём измерения ёмкости пустого первичного преобразователя и первичного преобразователя, заполненного исследуемым веществом. Анализируя способы данной группы, можно сказать, что они позволяют компенсировать влияние паразитной ёмкости ёмкостного датчика на результат измерения, но не на изменение сорта вещества.

В источниках группы 12 представлены способы определения влажности вещества по изменению тока, протекающего через внутреннее пространство первичного преобразователя с образцовым и исследуемым веществами. Проблема «сортовой неопределённости» здесь также не решена.

Группа 13 объединяет несколько способов определения влажности по углу сдвига фаз сигналов. На фиксированной частоте генератора определяют разность сигналов от датчика, заполненного исследуемым веществом, и датчика, заполненного другим компонентом. Затем определяют угол сдвига фаз между разностным сигналом и сигналом от генератора, по которому судят о влажности. По сути, способы данной группы являются несколько модифицированными способами групп 9 или 11 и, стало быть, не лишены их недостатков.

Последняя группа включает способы, позволяющие определять влажность с использованием тестовых методов (в т.ч. тестов с добавками воды). Процесс определения влажности включает несколько этапов: а) определяют ёмкость первичного преобразователя с исследуемым материалом (априори диэлектрическая проницаемость материала неизвестна); б) определяют ёмкость ПИП после ввода в исследуемый материал некоторого вещества с известной диэлектрической проницаемостью (например, воды) один или несколько раз; в) решают систему уравнений относительно диэлектрической проницаемости исследуемого материала; г) по полученной диэлектрической проницаемости материала определяют его влажность. Данные способы позволяют исключить влияние начальной диэлектрической проницаемости исследуемого материала (т.е. компенсировать

«сортову неопределённость»). Поэтому есть необходимость в их более детальном рассмотрении. В патенте [7] описан способ измерения влажности нефти и нефтепродуктов, согласно которому сначала измеряют диэлектрическую проницаемость исследуемого материала, после чего изменяют диэлектрическую проницаемость материала путём введения в ёмкостной датчик N диэлектрических цилиндров с большой диэлектрической проницаемостью. В патенте [8] получают три измерения диэлектрической проницаемости: первое – самого исследуемого вещества, второе – того же вещества с фиксированной добавкой воды и третье – исследуемого вещества с добавлением жидкой среды того же сорта известного объема и влажности. Авторы патента [9] предлагают разделять поток исследуемой жидкости на два и пропускать каждый из них через свой ёмкостный датчик. При этом в один из потоков дополнительно непрерывно подают заданный расход воды, после чего измеряют диэлектрические проницаемости потоков и рассчитывают влажность материала. Далее, в патенте [10] рассматривается способ определения диэлектрической проницаемости вещества, в котором измеряют ёмкость датчика, заполненного иммерсионной жидкостью, а затем ёмкость датчика со смесью жидкости и специального порошка. Величину диэлектрической проницаемости смеси находят по экспериментально полученной зависимости. Следует отметить, что во всех рассмотренных способах наряду с многочисленными достоинствами (простота, адекватность физической модели, высокая точность, возможность устранения сортовой зависимости) есть один существенный недостаток, связанный с технической реализацией добавок воды.

Указанных недостатков лишены патенты [5] и [16]. Вместо непосредственной добавки воды предлагается использовать герметичные капсулы с водой определенной формы. Оба способа позволяют проводить измерения как с ограниченным объёмом материала, так и в потоке, являются достаточно простыми в реализации и, что самое главное – могут компенсировать «сортову неопределённость». Точность измерения в этом случае зависит от адекватности сформированных тестов.

Выводы. В целях повышения точности диэлькометрических влагомеров за счет компенсации «сортовой неопределённости» авторы провели обзор и анализ способов определения влажности в рамках диэлькометрического метода. Наиболее эффективными оказались следующие способы:

- определение влажности вещества на двух и более частотах;
- измерение ёмкости первичного преобразователя с исследуемым веществом в исходном и обезвоженном состоянии или с исследуемым и образцовым веществом;

- способы с измерением нескольких параметров, таких как диэлектрическая проницаемость, тангенс угла диэлектрических потерь, плотность, сжимаемость, сорт, молекулярный вес, температура, скорость прохождения ультразвука и т.д.;

- определение влажности с использованием тестовых методов.

В результате детального анализа выявлено, что группа способов с применением тестовых методов является наиболее перспективной.

Библиографические ссылки

1. Берлинер, М. А. Измерения влажности [Текст] / М. А. Берлинер. – М.: Энергия, 1973. – 400 с.
2. Голуб, К. Ю. Проведення порівняльної оцінки способів компенсації «сортової невизначеності» діелькометричних вологомірів [Електронний ресурс] / К. Ю. Голуб, О. В. Заболотний // Людина і Космос : тез. доп. XVII Міжнар. молодіжн. наук.-практич. конф., 8 – 10 квітня 2015 р. / Нац. центр аерокосміч. освіти молоді ім. О. М. Макарова [та ін.]. – Д.: 2015. – С. 185. – DVD, ISSN 2221-4550. – Загл. с экрана
3. Заболотный, А. В. Нюансы компенсации «сортовой» неопределенности при формировании тестов для адаптивных влагомеров [Текст] / А. В. Заболотный // Вост.-Европейск. журн. передовых технологий. – 2012. – № 2/9(56). – С. 47–50.

4. **Кларк, В. Л.** Определение влагосодержания ракетного топлива [Текст] / В. Л. Кларк, А. Нудо, П. Джин. Влажность. – Л.: Гидрометеоздат, 1968. – Т. 4. – 255 с.
5. Пат. SU 1157439 A СССР, МПК G01N 27/22. Способ измерения влажности [Текст] / Лункин Б. В. [и др.]; заявитель и патентообладатель Ордена Ленина ин-т проблем упр-я, Калинингр. технич. ин-т рыбной промышленности и хоз-ва. – № 3665889/24-25; заявл. 31.10.83; опубл. 23.05.85, Бюл. № 19. – 3 с. : ил.
6. Пат. SU 1165967 СССР, МПК G01N 27/22. Способ определения сорта нефти [Текст] / Ройфе В. С., Тухарели К. Д.; заявитель и патентообладатель Науч.-исслед. ин-т строит. физики. – № 3646937/24-25; заявл. 29.09.83; опубл. 07.07.85, Бюл. № 25. – 3 с. : ил.
7. Пат. SU 1265571 A1 СССР, МПК G01N 27/22. Способ измерения влажности нефти и нефтепродуктов [Текст] / Гридасов А. П. [и др.]; заявитель и патентообладатель Калинингр. технич. ин-т рыбной промышленности и хоз-ва, Ордена Ленина ин-т проблем упр-я (автоматики и телемеханики). – № 3905781/28-25; заявл. 04.06.85; опубл. 23.10.86, Бюл. № 39. – 3 с.
8. Пат. SU 1332216 A1 СССР, МПК G01N 27/22. Способ определения влажности жидких сред [Текст] / Кудрявцев А. В., Шевченко В. Н.; заявитель и патентообладатель Ин-т автоматики АН КиргССР. – № 3988926/31-25; заявл. 11.12.85; опубл. 23.08.87, Бюл. № 31. – 4 с.
9. Пат. SU 1423952 A1 СССР, МПК G01N 27/22. Способ определения влажности жидких сред в потоке [Текст] / Кудрявцев А. В., Шевченко В. Н.; заявитель и патентообладатель Ин-т автоматики АН Кирг. ССР. – № 3987554/24-25; заявл. 11.12.85; опубл. 15.09.88, Бюл. № 34. – 3 с.
10. Пат. SU 1732247 A1 СССР, МПК G01N 27/22. Способ определения диэлектрической проницаемости вещества [Текст] / Гутенев М. С., Блинов Л. Н.; заявитель и патентообладатель Ленингр. политехнич. ин-т им. М. И. Калинина. – № 4680455/25; заявл. 18.04.89; опубл. 07.05.92, Бюл. № 17. – 3 с.
11. Пат. SU 1749810 A1 СССР, МПК G01N 27/22. Способ измерения влажности [Текст] / Рзаев Т. Б.; заявитель и патентообладатель Науч.-исслед. ин-т фотоэлектроники. – № 4712700/25; заявл. 03.07.89; опубл. 23.07.92, Бюл. № 27. – 4 с. : ил.
12. Пат. SU 297916 СССР, МПК G01N 27/22. Способ определения влажности хлопкокасырца [Текст] / Свиридов А. Ф., Хмельницкий Г. М., Ингман Б. Л.; заявитель и патентообладатель Гос. спец. конструктор. бюро по проектированию приборов для хлопкоочистит. промышлен. – № 1386964/28-12; заявл. 16.12.69; опубл. 11.03.71, Бюл. № 10. – 2 с. : ил.
13. Пат. SU 572698 СССР, МПК G01N 27/22. Способ определения сорта нефти [Текст] / Шультман З. П., Носов В. М., Демиденко Т. А.; заявитель и патентообладатель Ордена Трудового Красного Знамени ин-т тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова. – № 2345788/25; заявл. 08.04.76; опубл. 15.09.77, Бюл. № 34. – 3 с. : ил.
14. Пат. SU 662854 СССР, МПК G01 N 27/22. Способ определения сорта нефти [Текст] / Бабаев Н. Г., Мустафаев М. М., Мусаев М. М.; заявитель и патентообладатель Науч.-исслед. и проект. ин-т по комплексной автоматизации нефтяной и химич. промышлен. – № 2194365/18-25; заявл. 14.10.75; опубл. 15.05.79, Бюл. № 18. – 2 с.
15. Пат. SU 667881 СССР, МПК G01N 27/22. Способ измерения влажности сыпучих материалов [Текст] / Салыга В. И., Найден С. А., Чижик Б. Ф., Кучмент О. В.; заявитель и патентообладатель Харьк. ин-т радиоэлектроники и трест «Промстройматериалы» Харьк. объединения «Облмежколхозстрой». – № 1966826/18-25; заявл. 29.10.73; опубл. 15.06.79, Бюл. № 22. – 2 с. : ил.
16. Пат. UA 104201 C2 Україна, МПК G01N 27/22. Спосіб вимірювання вологості матеріалів [Текст] / Заболотний О. В.; заявник і патентовласник Націон. аерокосміч. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін.-т». – № a201201992; заявл. 21.02.2012; опубл. 10.01.2014, Бюл. № 1. – 9 с. : іл.
17. Пат. UA 77818 C2 Україна, МПК G01N 25/56, G01N 27/22. Спосіб виміру вологості матеріалів, зокрема солей йодидів лужних металів [Текст] / Гриньов Б. В. та ін.; заявник і патентовласник Ін-т сцинтиляційних матеріалів НАН України, ЗАТ «Технологічний парк «Ін-т монокристалів» НАН України. – № 20041210819; заявл. 27.12.2004; опубл. 15.01.2007, Бюл. № 1. – 3 с. : іл.
18. Поиск патентов и изобретений, зарегистрированных в РФ и СССР [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://patentdb.su>. – Дата доступа : 10.05.2015. – Загл. с экрана.

19. Поисковая система Google Patent / Google Patent Search. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.google.com/patents. – Дата доступа : 10.05.2015. – Загл. с экрана.
20. Поисковая система Patents.com / Patents.com. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://google.patents.com>. – Дата доступа : 10.05.2015. – Загл. с экрана.
21. Поиск патентов и изобретений, зарегистрированных в РФ и СССР [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.findpatent.ru>. – Дата доступа : 10.05.2015. – Загл. с экрана.
22. Сайт ФИПС. Информационные ресурсы. Открытые реестры / Федеральное государственное бюджетное учреждение Федеральный институт промышленной собственности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.fips.ru>. – Дата доступа : 10.05.2015. – Загл. с экрана.
23. Цифрова патентна бібліотека. Патенти України на винаходи / Find Patent. Ru. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.uipv.org>. – Дата доступа : 10.05.2015. – Загл. с экрана.

Надійшла до редколегії 20.05.2015

УДК 629.764

А. В. Голубек

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК СБЛИЖЕНИЯ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ С КОСМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ В ПРОЦЕССЕ ВЫВЕДЕНИЯ НА ЭКВАТОРИАЛЬНЫЕ ОРБИТЫ

Получены распределения основных параметров сближения ракеты-носителя с каталогизированными космическими объектами. Определена зависимость средней концентрации космических объектов в районе траектории ракеты-носителя. Проведена оценка средней вероятности сближения в запуске на предельные расстояния.

Ключевые слова: ракета-носитель, каталогизированные космические объекты, совместное движение, вероятность сближения, относительная скорость сближения, относительное расстояние сближения, угол встречи, концентрация космических объектов.

Одержано розподіл основних параметрів зближення ракети-носія із каталогізованими космічними об'єктами. Визначено залежність середньої концентрації космічних об'єктів у районі траєкторії ракети-носія. Оцінено середню імовірність зближення в запуску на граничні відстані.

Ключові слова: ракета-носій, каталогізовані космічні об'єкти, сумісний рух, імовірність зближення, відносна швидкість зближення, відносна відстань зближення, кут зустрічі, концентрація космічних об'єктів.

Distributions of the basic parameters of approach of a launch vehicle to cataloged space objects have been obtained. The dependence of the average spatial density of space objects in the area of the trajectory of the launch vehicle has been determined. The average probability of convergence in launches to maximum distances has been evaluated.

Key words: launch vehicle, catalogued space objects, mutual motion, probability of rendezvous, relative velocity of approach, relative distance of approach, angle of meeting, spatial density of space objects.

Введение. Спустя почти шесть десятилетий с момента запуска первого искусственного спутника Земли космическое пространство стало неотъемлемой частью жизнедеятельности человека. Изначально считалось, что космос является безграничным. Но недооценка темпов его освоения и возможных последствий