

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ВАКУУМНОЕ ОБЩЕСТВО

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОНИКИ
И МАТЕМАТИКИ (ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

ФГБУ «НИИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ
И ИНФОРМАЦИОННО ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ»

XIX

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С УЧАСТИЕМ
ЗАРУБЕЖНЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ**

**«ВАКУУМНАЯ
НАУКА
И ТЕХНИКА»**

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

2012

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ВАКУУМНОЕ ОБЩЕСТВО

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ
ЭЛЕКТРОНИКИ И МАТЕМАТИКИ
(технический университет)**

ФГБУ «НИИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ»

XIX

**научно-техническая конференция
с участием зарубежных специалистов**

"ВАКУУМНАЯ НАУКА И ТЕХНИКА"

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

сентябрь 2012 г.

ББК 31,77
В 14
УДК 621.52

В 14 «Вакуумная наука и техника» Материалы XIX научно-технической конференции. Под редакцией доктора технических наук, профессора Д.В.Быкова. М.: МИЭМ.2012- 361 с.

ISBN 978-5-94506-334-1

В сборник включены материалы докладов по следующим научным направлениям конференции:

- физические явления и процессы в вакууме;
- расчет и моделирование вакуумных систем и технологических процессов;
- средства получения, измерения вакуума и течи;
- вакуумная механика и трибология;
- процессы в вакуумных электрофизических установках и приборах;
- вакуумные технологии нанотехнологии;
- вакуумные биомедицинские технологии, оборудование, приборы;
- эмиссионные процессы и источники заряженных частиц в приборах и устройствах;
- технологическое вакуумное оборудование;
- модификация и синтез материалов в вакууме;
- вакуумные технологии в космических исследованиях.

Материалы сборника представляют интерес для ученых и специалистов, работающих в области электронной техники и в отраслях народного хозяйства, где применяются вакуумные приборы и устройства. Также они могут быть полезными для студентов и аспирантов, обучающихся на соответствующих специальностях, в их научной и учебной деятельности.

Редакционная коллегия: Д.В.Быков (председатель), В.Н.Кеменов, А.Б.Соколов,
Е.В.Смирнова

Издание осуществлено с авторских оригиналов.
Редакция не несет ответственности за ошибки в авторских оригиналах.

ISBN 978-5-94506-334-1

ББК 31,77

© Московский государственный институт
электроники и математики
(технический университет) 2012 г

Проектирование вак умных устройств бесконтактного взаимодействия

*Е. А. Ивашов, П.С. Кузнецов, С.В. Степанчиков, А.Г. Вараксин
Москва, Московский государственный институт электроники и математики
(технический университет), Бол. Трёхсвятительский пер.,3
E-mail: ienmiem@mail.ru; kuziapavel@mail.ru*

Настоящая методика устанавливает основные расчетные зависимости для проектирования устройств бесконтактного магнитного взаимодействия с цилиндрическим аксиально намагниченным магнитом.

При оценке величины передаваемого устройства вом крутящего момента приняты следующие допущения: магнитная проницаемость стали магнитопроводов бесконечно велика по сравнению с магнитной проницаемостью рабочих зазоров; магнитное поле принято плоскопараллельным и описывается уравнениями Лапласа [1].

Методика применима для проектирования устройств бесконтактного магнитного взаимодействия, работающих в вакууме или атмосфере.

Принятая терминология и обозначения

- Рассогласование x_0 зубчатых колес при приложении рабочего момента M_1 – линейная величина перемещения внешнего зубчатого колеса под действием момента M_1 при зафиксированном внутреннем зубчатом колесе.
- Коэрцитивная сила по индукции H_{CB} – величина напряженности внешнего магнитного поля H , необходимая для полного размагничивания магнита ($B=0$).
- Остаточная индукция B_r – индукция B магнитного поля магнита при напряженности внешнего магнитного поля H , равной нулю.
- Магнитная проводимость Λ рабочего зазора – скалярная величина, равная отношению магнитного потока в рассматриваемом участке магнитной цепи к разности магнитных потенциалов на этом участке.
- Коэффициент удельной магнитной проводимости λ рабочего зазора – безразмерная величина, равная отношению величины равномерного зазора δ к длине магнитной линии $l_{м.л.}$
- Магнитный скалярный потенциал F_m – скалярная величина, численно равная работе, совершаемой при переносе полюса с единичной магнитной массой из бесконечности в данную точку.

Проектный расчет

Рабочий зазор δ (рис.1)

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3, \text{ м,}$$

где δ_1 – конструктивный зазор между поверхностью выступов внешнего зубчатого колеса и внешней поверхностью экрана, м;

δ_2 – конструктивный зазор между поверхностью выступов внутреннего зубчатого колеса и внутренней поверхностью экрана, м;

δ_3 – толщина экрана, м (экран из немагнитных материалов).

Геометрические размеры зубчатого рабочего зазора (см. рис.1):

Ширина зубца внутреннего зубчатого колеса

$$b_{s2} = (7...10) \cdot \delta, \text{ м.}$$

Ширина паза внутреннего зубчатого колеса

$$b_{t2} = (1,25...1,50) \cdot b_{s2}, \text{ м.}$$

Глубина паза внутреннего зубчатого колеса

$$h_2 = (0,8...1,2) \cdot b_{t2}, \text{ м.}$$

Ширина зубца внешнего зубчатого колеса

$$b_{s1} = \frac{D_1}{D_2} \cdot b_{s2}, \text{ м,}$$

где D_1 – диаметр выступов внешнего зубчатого колеса, м;

D_2 – диаметр выступов внутреннего зубчатого колеса, м.

Ширина паза внешнего зубчатого колеса

$$b_{t1} = \frac{D_1}{D_2} \cdot b_{t2}, \text{ м.}$$

Глубина паза внешнего зубчатого колеса

$$h_1 = (0,8...1,2) \cdot b_{t1}, \text{ м.}$$

2.3. Число зубцов зубчатых колес

$$Z = \frac{D_1 \cdot \pi}{b_{s1} + b_{t1}}$$

Примечание. Целочисленное значение Z достигается за счет варьирования величин b_{s1} и b_{t1} в указанных выше пределах.

Окружное усилие P_1 на внешнем зубчатом колесе

$$P_1 = \frac{2M_1}{D_1}, \text{ Н.}$$

Значение магнитного потенциала F_m^0 , создающего магнитный момент M_1 на внешнем зубчатом колесе

$$F_m^0 = \sqrt{\frac{2P_1 \cdot \delta \cdot k_3}{\mu_0 \cdot b}}, \text{ А}$$

где k_3 – коэффициент запаса, $k_3=1,8$;

b – длина зубцов магнитной передачи в аксиальном направлении, м.

Коэффициенты удельной магнитной проводимости λ определяется в зависимости от величины относительного расхождения $x^* = \frac{x_0}{\delta}$ и относительной ширины зубца $b_{s1}^* = \frac{b_{s1}}{\delta}$ внешнего зубчатого колеса.

Магнитная проводимость рабочего зазора зубчатой магнитной передачи

$$\Lambda = \frac{\mu_0 \cdot \lambda \cdot b \cdot Z}{2}, \text{ Гн.}$$

Длина магнита в направлении вектора намагниченности

$$l_m = \frac{2F_m^0}{H_{св}}, \text{ м.}$$

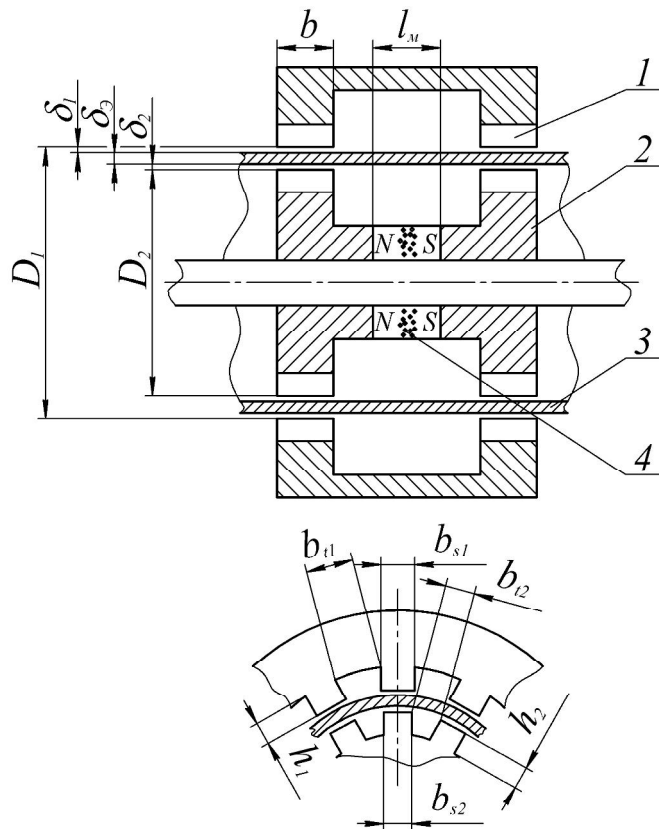


Рис.1. Вакуумная передача с б-сконтактным магнитным взаимодействием:
1 – внешнее зубчатое колесо; 2 – внутреннее зубчатое колесо; 3 – экран; 4 – магнит

Площадь магнита в нейтральном сече

$$S_{\text{ж}} = \frac{l \cdot H_{\text{сВ}}}{B_r} \cdot \Lambda, \text{ м}^2.$$

Проверочный расчет

Предельное относительное расхождение \bar{x}^* зубцов внешнего и внутреннего зубчатых колес, при котором обеспечивается максимально возможный момент \bar{M}_{max}

$$\bar{x}^* = \frac{b_{s1}}{2\delta}, \text{ о.е.}$$

Коэффициент удельной магнитной проводимости $\bar{\lambda}$ определяется в зависимости от значения предельного относительного расхождения \bar{x}^* и величины b_{s1}^* .

Магнитная проводимость рабочего зазора зубчатой передачи

$$\bar{\Lambda} = \frac{\mu_0 \cdot \lambda \cdot b \cdot Z}{2}, \text{ Гн.}$$

Магнитный скалярный потенциал \bar{F}_m , обеспечивающий создание магнитного момента \bar{M}_{max}

$$\bar{F}_m = \frac{B_r \cdot S_M}{\bar{\Lambda} + \frac{B_r \cdot S_M}{H_{\text{сВ}} \cdot l}}, \text{ А.}$$

Максимальный момент \bar{M}_{max} , передаваемый зубчатой магнитной передачей,

$$\bar{M}_{\text{max}} = \frac{1}{4} \mu_0 \cdot \bar{F}_m^2 \cdot \frac{b \cdot D_1}{k_3 \cdot \delta}, \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Примечание 1. Если расчетный момент \bar{M}_{max} не меньше заданного максимального M_{max} , т.е.

$$\bar{M}_{\text{max}} \geq M_{\text{max}}, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (1)$$

то габариты выбраны верно.

Примечание 2. Если условие (1) не выполняется, то следует увеличить длину магнита l_m и повторить проверочный расчет.

Примечание 3. Если магнитная зубчатая передача предназначена для работы в атмосферных условиях (экран отсутствует), то

$$\delta = D_1 - D_2, \text{ м.}$$

В докладе представлены охраноспособные технические решения [2-5] вак умных устройств бесконтактного взаимодействия для вак умного оборудования радиоэлектронной промышленности.

Список литературы:

1. Постоянные магниты: Справочник/ А.Б. Альтман, А. . Гербергер, А.П. Гладышев и др.; Под. Общ. Ред. Ю.М. Пятина. – М.: «Энергия», 1980. – 488с.
2. Пат. на полезную модель 106326 Ро сийская Федерация, МПК⁷ F16H 1/12. Магнитная зубчатая передача для работы в вакууме и чистых технологических средах (варианты) [Текст] / Е.Н. Ивашов, П.С. Кузнецов, С.В. Степанчиков и др.; заявитель и патент овладелец МИЭМ. Москва. – 2010151839/11; заявл. 17.12.2010; опубл. 10.07.2011. Бюл. 19.
3. Пат. на полезную модель 106463 Российская Федерация, МПК⁷ G02F 6/00. Магнитная муфта-редуктор для передачи вращения в герметизированный объем [Текст] / Е.Н. Ивашов, П.С. Кузнецов, С.В. Степанчиков и др.; заявитель и патентовладелец МИЭМ. Москва. – 2010151840/07; заявл. 17.12.2010; опубл. 10.07.2011. Бюл. № 19.
4. Пат. на полезную модель 107307 Российская Федерация, МПК⁷ F16F 1/06. Магнитная зубчатая передача для вакуумного технологического оборудования (варианты) [Текст] / Е.Н. Ивашов, П.С. Кузнецов, С.В. Степанчиков и др. ; заявитель и патентовладелец МИЭМ. Москва. – 2011109088/11; заявл. 11.03.2011; опубл. 10.08.2011. Бюл. 22.
5. Пат. на полезную модель 107308 Российская Федерация, МПК⁷ F16H 1/06. Зубчатая передача с магнитным бесконтактным взаимодействием зубьев для работы вак уме [Текст] / Е. . Ивашов, Е. . Ивашов, П.С. Кузнецов, С.В. Степанчиков и др.; заявитель и патент овладелец МИЭМ. Москва. – 2011109089/11; заявл. 11.03.2011; опубл. 10.08.2011. Бюл. 22.

О расчетных моделях истечения газа из узких каналов в вакууме

*И.В. Кваша, *В.А. Невровский*
Москва, Российский университет дружбы народов, ул. Миклухо-Маклая, 6
**Москва, МАТИ-Российский государственный технологический университет*
им. К.Э. Циолковского, ул. Оршанская, 3,
тел. (495)915-07-28, e-mail:sanches0@mail.ru

В работе рассматриваются две математические модели нестационарного истечения газа из узких и длинных каналов в вакууме. Такие течения имеют место в вакуумной технике при откачке объектов, имеющих сложную форму с узкими и глубокими полостями. Важным приложением является откачка экранно-вакуумной тепловой изоляции.

On calculational models of gas flow from narrow channels in vacuum

*I.V.Kvasha, *V.A.Nevrovsky*
Moscow, Russian University of People's Friendship, Miklukho-Maklay str., 6
**Moscow, Tsiolkovsky MATI-Russian State Technological University, Orshanskaya str. 3,*
tel. (495) 915-07-28, e-mail: sanches0@mail.ru

The paper deals with two mathematical models of non-stationary gas evacuation from narrow and long channels. Flows of this type occur in vacuum engineering when evacuating objects of complicated forms with narrow and deep cavities. Evacuation of multilayer thermal isolation is an important application of the models.

Проектирование вакуумных устройств бесконтактного взаимодействия

Е.И. Ивашов, П.С. Кузнецов, С.В. Степанчиков, А.Г. Вараксин
Москва, Московский государственный институт электроники и математики
(технический университет), Бол. Трёхсвятительский пер.,3
E-mail: ienmiem@mail.ru; kuziapavel@mail.ru

Представлена методика устанавливающая основные расчетные зависимости для проектирования устройств бесконтактного магнитного взаимодействия с цилиндрическим аксиально намагниченным магнитом. Методика применима для проектирования устройств работающих в условиях вакуума и атмосферы.

The design of the vacuum devices contactless interaction

E.N. Ivashov, P. S. Kuznetsov, S. V. Stepanchikov, A.G. Varaksin
Moscow State Institute of Electronics and Mathematics, 3 Bol. Trekhsvyatitel'skiy ul., Moscow
E-mail: kuziapavel@mail.ru; ienmiem@mail.ru

Presents a methodology which sets the basic calculation dependencies for the design of devices of non-contact magnetic interaction with the cylindrical axially magnetized magnet. This method is applicable for the design of devices operating in the conditions of vacuum and atmosphere.

Математическое моделирование течения разреженного газа в канале с металлическим паром методом частиц в ячейках

О.А. Шемарова, Н.К. Никулин, К.Е. Демихов
Москва, МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2-я Бауманская ул., д.5
E-mail: holga.al@gmail.com

Цель работы: создание теории и методов расчета пространственно-неоднородных течений разреженного газа в канале с движущимся потоком металлического пара; разработка алгоритма расчета основных параметров течения газа при наличии возмущающих воздействий. Концентрация пара много выше – в канале будет течение в молекулярно-вязкостном режиме. Для расчета параметров газа предложена статистическая модель на основе метода частиц в ячейках, позволяющая учесть поглощение молекул газа паром металлов.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция "ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ И ПРОЦЕССЫ ВАКУУМЕ"	3-20
Панфилович К.Б. Молекулярный теплообмен в неподвижных разреженных газах	3-5
Петров В.С. Быков Д.В. Лысенко А.П. Соколов А.Б. Костин К.А. Васильевский .В. Прокофьева Т.В. Агафонов А.В. Идентификация промежуточных фаз в монокристалле кварца	6-8
Казенас Е.К. Цветков Ю.В. Марин В.П. Есаулов .П. Волченкова В. . А тахова Г.К. Состав пара над карбидами химических элементов в вакууме	8-11
Израилов Е.К. Горобей В. . Исследование температурной стабилизации мембранно-емкостного преобразователя компенсационного типа	11-15
Рухляда Н.Я. Емельянов В.И. Васяшин А.В. Типикин Н.Г. Исследование кинетики процесса фазового превращения и определение скрытой теплоты фазового перехода в рутении	16-20
Саксаганский Г.Л. Международный термоядерный реактор ИТЭР. Состояние проектирования и сооружения	20
Секция "РАСЧЕТ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ВАКУУМНЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ"	21-47
Поникаров С.И. Алексеев В.А. Назаров .А. Матвеев В.П. Дегидрирование углеводородов под вакуумом	21-24
Виноградов А.Н. Матвеев Е.В. Исследование и оптимизация трубчатых пьезопроводов в сканирующей зондовой микроскопии	24-28
Ерофеев А.И. Никифоров А.П. Нестеров С.Б. Нежметдинова Р.А. Моделирование взаимодействия потока газа с шероховатыми поверхностями	28-32
Кваша И.В. Невровский В.А. О расчетных моделях истечения газа из узких каналов в вакуум	32-36
Ивашов Е.Н. Кузнецов П. . Степанчиков С. . Вараксин А.Г. Проектирование вакуумных устройств бесконтактного взаимодействия	37-39
Шемарова О.А. Никулин Н.К. Демихов К.Е. Математическое моделирование течения разреженного газа в канале с металлическим паром методом частиц в ячейках	40-43
Бурмистров А.В. Райков .А. Саликеев С.И. Фомина М.Г. Расчет проводимости каналов с криволинейными стенками в вязкостном режиме течения газа	43-47
Секция "СРЕДСТВА ПОЛУЧЕНИЯ, ИЗМЕРЕНИЯ ВАКУУМА И ТЕЧЕИСКАНИЕ"	48-61
Бурмистров А.В. Райков .А. Саликеев С.И. Галимарданов .М. Повышение энергоэффективности кулачково-зубчатого насоса	48-50
Афонин О.Н. Бернацкий А.В. Очкин В.Н. Савинов С.Ю. Цхай С. . Измерение малых концентраций молекул воды спектроскопическим методом в разряде с полым катодом	51-54
Щерба В.Е. Кужбанов А.К. Нестеренко Г.А. Вихарев В.С. Повышение быстродействия поршневого форвакуумного насоса с гидравлическим затвором	54-58
Лысенко Е.А. Болштянский А.П. Щерба В.Е. Влияние закона изменения объема на характеристики поршневого форвакуумного насоса с газостатическим центрированием	58-61