



**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
"GLOBUS"
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
СБОРНИК НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ**

«ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ - ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ»

**ВЫПУСК 4 (35)
(19 октября 2020 г.)**

г. Санкт-Петербург- 2020
© Научный журнал "Globus"

УДК 620
ББК ОЗ

Сборник публикаций научного журнала "Globus": «Технические науки - от теории к практике» г. Санкт-Петербурга: сборник со статьями (уровень стандарта, академический уровень). – С-П. : Научный журнал "Globus", 2020. – 39 с.

Тираж – 300 экз.

УДК 620
ББК ОЗ

Издательство не несет ответственности за материалы, опубликованные в сборнике. Все материалы поданы в авторской редакции и отображают персональную позицию участника конференции.

Контактная информация организационного комитета конференции:

Научный журнал "Globus"

Электронная почта: info@globus-science.org.ua

Официальный сайт: www.globus-science.ru

СОДЕРЖАНИЕ

АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

Якубовский Е.Г.

РАСЧЕТ РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ОДНОМЕРНОГО РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ НАВЬЕ-СТОКСА 4

БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Хамдамов А.М., Игамбердиева Д.А.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ 16

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Данилов Д.Е.

ОКОННОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУРЬЕ ПРИ ВЫЧИСЛЕНИИ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННЫХ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ
ФУНКЦИЙ..... 20

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

Жураева Г. Ш.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ИЗНОСНОГО ИСПЫТАНИЯ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ,
РАБОТАЮЩИХ В АБРАЗИВНОЙ СРЕДЕ 26

Махмудова Н.

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ДЕФЕКТЫ НА КРУПНЫХ ПОКОВКАХ 29

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Khamdamov B., Abduvohid M.

DETERMINATION CLASS OF THE COMPRESSES OF A COMPRESSION KNITTED GOODS AND EVALUATION OF
THEIR UNCERTAINTY 32

ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

Боканова А.А., Матаев У.М., Есенгабылова Н.Ж., Курпенов Б.К.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВЫХ И СТОЧНЫХ ВОД 35

АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

РАСЧЕТ РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ОДНОМЕРНОГО РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ НАВЬЕ-СТОКСА

Якубовский Евгений Георгиевич
пенсионер

Санкт-Петербург, ул. Руднева д. 8, к.2, кв.154

В данной статье предложен алгоритм с помощью присоединенной массы описать движение тела в атмосфере. Присоединенная масса - это свойство среды образовывать дополнительную массу, как я предполагаю с релятивистским знаменателем со скоростью звука вместо скорости света. Второй закон Ньютона для присоединенной массы предполагает два члена с одинаковой скоростью, один релятивистский со скоростью света, а другой присоединенная масса с релятивистским знаменателем со скоростью звука. Использование релятивистского знаменателя со скоростью звука – это новая идея, позволяющая по известным формулам с присоединенной массой, справедливой при малых скоростях тела, описать сверхзвук.

В ходе изложения я буду существенно использовать комплексные скорости, комплексную силу тяги, описание комплексной скорости см. [2], комплексная сила см. по аналогии с комплексной скоростью. Это связано с тем, что скорости в реактивных двигателях комплексные турбулентные, и описываются комплексными числами, и если Вы хотите получить правильную траекторию ракеты надо переходить в комплексную плоскость. Предложен способ расчета траектории ракеты в комплексной плоскости, та как тяга ракетного двигателя турбулентная комплексная. Полученная комплексная траектория благополучно пересчитывается в действительную, где действительная часть траектории – это среднее значение, а мнимая соответствует колебанию по синусу с амплитудой, равной мнимой части, умноженной на синус с частотой соответствующей мнимой части. При подсчете в действительной плоскости мнимую часть не учитывают, и она составляет ошибку метода. Как показал численный расчет на срезе сопла отношение мнимой части к действительной как $2^{0.5}$ к 1. При подсчете в действительной плоскости, происходит деление на мнимую единицу и используют мнимую часть как действительную. Т.е. ошибка по крайней мере 40%. Другие особенности комплексного турбулентного течения описаны в тексте сообщения. В результате по вертикальной действительной траектории определяем момент приземления, который уточняется с помощью мнимой части, умножаемой на синус, а по горизонтальной мнимой части определяем поправку попадания в цель. Алгоритм позволяет определить точку приземления ракеты по комплексной траектории.

1. Расчет двигателя в одномерном случае

Приведу расчет реактивного двигателя в одномерном случае. Но данное решение не удовлетворяет условию прилипания. Покажем, что толщина пограничного слоя, описывающая линейный рост решения относительно точки прилипания стремится к нулю. Решение в тонком пограничном слое заменим на линейное

$$V_z = \frac{\partial V_z}{\partial n} \delta \Rightarrow 1 = \frac{\partial \ln V_z(\delta)/V_z(n)}{\partial n} \delta$$
$$1 = \frac{\partial \ln V_z(\delta)/V_z(n)}{\partial n} \delta, \delta = \lim_{n \rightarrow 0} \frac{1}{\frac{\partial \ln V_z(\delta)/V_z(n)}{\partial n}} = +0, \lim_{n \rightarrow 0} V_z(n) = 0.$$

Получается, что толщина переходной зоны стремится к нулю.

Запишем уравнение Навье-Стокса в одномерном случае при постоянной плотности.

$$V \frac{dV}{dx} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + v \Delta V$$

Оно интегрируется и получается

$$V^2/2 + c^2 \ln \frac{S}{S_0} = v \frac{dV}{dx}$$

При постоянном значении давления скорость звука равна нулю, скорости равны нулю откуда определится нулевая константа интегрирования. Осуществим разделение переменных

$$2v \frac{dV}{v^2 - c^2 \ln \frac{S_0}{S}} = dx; c^2 = \frac{dP}{d\rho}$$

Значение сечений или плотности определяется в начальной и конечной точке дозвукового течения. В случае сверхзвукового течения, значение сечения или плотности определяем в начале и конце сверхзвукового потока. Таким образом получаем постоянное значение скорости звука. Это как в квантовой механике рассматривается на начальное и конечное состояние системы. Связь между ними реализуется через формулу

$$\frac{dm(t)}{dt} = \rho VS = \rho_0 V_0 S_0; S = S_0 V_0 / V; V_0 = \frac{\dot{m}(t)}{\rho_0 S_0}$$

Причем у дозвукового потока логарифм почти является константой, которая определяется отношением сечений

$$\frac{dV/C}{V^2/C^2 - 1} = \frac{du}{u^2 - 1} = C dx / 2v; C^2 = c^2 \ln S_0 / S_1; u = V/C.$$

Решением этого дифференциального уравнения является функция

$$u = \frac{1 + u_0 - (1 - u_0) \exp[-C(x - x_0)/v]}{1 + u_0 + (1 - u_0) \exp[-C(x - x_0)/v]}$$

Причем на расстоянии $x - x_0 = 100v/C$ реализуется скорость звука при изменении сечения $\frac{S_1}{S_0} = \frac{V_0}{c} = \frac{V_0}{c \sqrt{\ln S_0 / S_1}}$.

Уравнение неразрывности между начальными условиями и достижением скорости звука удовлетворяется. В промежуточных точках определяется сечение, для удовлетворения уравнению неразрывности $\frac{S(x)}{S_0} = \frac{u_0}{u(x)}$.

$$u = u_0 \frac{S_0 \frac{1 + u_0 - (1 - u_0) \exp[-C(x - x_0)/v]}{S(x) \frac{1 + u_0 + (1 - u_0) \exp[-C(x - x_0)/v]}}$$

В случае постоянной плотности с увеличением скорости уменьшается сечение в дозвуковом потоке. В сверхзвуковом потоке с ростом скорости растет сечение.

Сверхзвуковая скорость имеет другое уравнение неразрывности

$$\frac{dm(t)}{dt} = \rho c_0^2 S / V = \rho_1 V_1 S_1; S = S_1 V_1 V / c_1^2; V_1 = \frac{\dot{m}(t)}{\rho_1 S_1}$$

Это уравнение в безразмерном виде запишется следующим образом

$$\begin{aligned} \frac{dV}{V^2 + c^2 \left[\ln \frac{S(L) \sqrt{\ln S(L)/S_1}}{S_1} + \ln \frac{S_0}{S_1 \sqrt{\ln S_0/S_1}} \right]} &= \frac{du}{u^2 + 1} = \int_{x_1}^x C dx / 2v; C^2 = \\ &= c^2 \left[\ln \frac{S(L) \sqrt{\ln S(L)/S_1}}{S_1} + \ln \frac{S_0}{S_1 \sqrt{\ln S_0/S_1}} \right]; u = V/C \\ u &= \tan \left[C(x - x_1) / 2v + \arctan u_1 (1 + i\alpha) \right] = \tan [Re \psi + i\alpha / 2], u_1 = 1 \end{aligned}$$

Тогда имеем формулу для средней и максимальной скорости потока в двигателе

$$\begin{aligned} u(x) &= \frac{\tan(Re \psi) [1 - \tanh^2 \alpha / 2] + i \tanh \alpha / 2 (1 + \tan^2 Re \psi)}{1 + \tan^2(Re \psi) \tanh^2 \alpha / 2} \sim \frac{\tan(Re \psi) [1 - \tanh^2 \alpha / 2]}{1 + \tan^2(Re \psi) \tanh^2 \alpha / 2} + \\ &+ \frac{i \sqrt{1 + \tan^2 Re \psi}}{\sqrt{1 + \tan^2(Re \psi) \tanh^2 \alpha / 2}} \\ < u(\psi) > \geq \frac{1 - \frac{\tanh^2 \alpha}{2}}{1 + \frac{\tanh^2 \alpha}{2}} + \frac{2i}{\sqrt{1 + \frac{\tanh^2 \alpha}{2}}} = 1 + \sqrt{2}i; \tan(Re \psi) = \sqrt{\frac{1 - \cos 2 Re \psi}{1 + \cos 2 Re \psi}} = 1; Re \psi \in [0, \pi] \\ &u \frac{1}{\tanh \alpha / 2}_{max} \end{aligned}$$

Согласно формулам (2.1) и (2.2) мнимую часть скорости надо разделить $\tanh \alpha / 2$ и извлечь корень из мнимой части. Тогда средняя и максимальная скорость на срезе ракеты будет равняться

$$\begin{aligned} < V > = < u(\phi) c > \sqrt{\ln \frac{S(L) \sqrt{\ln S(L)/S_1}}{S_1} + \ln \frac{S_0}{S_1 \sqrt{\ln S_0/S_1}}} = \\ &= \sqrt{3}c \sqrt{\ln \frac{S(L) \sqrt{\ln S(L)/S_1}}{S_1} + \ln \frac{\rho_0 S_0 c}{\dot{m} \sqrt{\ln \rho_0 S_0 c}}} \\ V \sqrt{\ln \frac{S(L) \sqrt{\ln S(L)/S_1}}{S_1} + \ln \frac{S_0}{S_1 \sqrt{\ln S_0/S_1}}} \frac{1}{\tanh \alpha / 2}_{max} \end{aligned}$$

Получено точное решение уравнения Навье-Стокса для постоянного сечения S_1 и из него вычислена постоянная средняя скорость с учетом зависимости скорости звука от переменного сечения. Скорость потока в произвольном сечении равна

$$V(x) = \sqrt{3}c \frac{S(x)}{S_1} \sqrt{\ln \frac{S(L)\sqrt{\ln S(L)/S_1}}{S_1} + \ln \frac{\rho_0 S_0 c}{m \sqrt{\ln \rho_0 S_0 c / m}}}$$

Максимальный размер двигателя ракеты определится из формулы, где использованы средние параметры скорости

$$\phi \sqrt{3} \sqrt{\ln \frac{S(L)\sqrt{\ln S(L)/S_1}}{S_1} + \ln \frac{S_0}{S_1 \sqrt{\ln S_0/S_1}}} \int_{x_1}^{L_{max}} \frac{S(x)\pi}{S_1^2} dx$$

Двигатель может получиться коротким. Дозвуковая часть и сверхзвуковая часть должна образовывать стационарный поток, сужающийся и расширяющийся. Величина длины волны крайне мала $\lambda = \frac{v}{c} = \frac{0.5}{10^5} = 5 \cdot 10^{-6}$ см, эта величина сравнима с длиной свободного пробега молекул газа. Т.е. предела, когда гидродинамика не справедлива, но при размере 1мм приближение сплошной среды справедливо. Т.е. необходимо $k = 10^6$ периодов, чтобы образовать двигатель размером 10см*20см*20см. Между тем поток установится при размере двигателя 1мм*2мм*2мм, т.е. $k = 10^4$ периодов. Но если двигатель с постоянным сечением не требует точности площади сечения поверхности, а плотность автоматически устанавливается по длине, то двигатель с переменным сечением требует точного задания сечения поверхности. Средняя скорость потока у двигателя с малой начальной скоростью или малым расходом больше $V_0 = \frac{\dot{m}}{\rho_0 S_0}$. Средний

расход равен $\dot{m} = \sqrt{3}\rho S c \frac{S(L)}{S_1} \sqrt{\ln \frac{S(L)\sqrt{\ln S(L)/S_1}}{S_1} + \ln \frac{c\rho_0 S_0}{m \sqrt{\ln c\rho_0 S_0 / m}}}$ где для постоянной скорости потока для постоянного сечения, учтено уравнение неразрывности. При малой начальной скорости, уменьшенной в n+1 раз, и использования n+1 двигателей тяга возрастет

$$\frac{\dot{m}}{n+1} (n+1) = \dot{m} = \sqrt{3}\rho S c \frac{S(L)}{S_1} \sqrt{\ln \frac{S(L)\sqrt{\ln S(L)/S_1}}{S_1} + \ln \frac{(n+1)c}{V_0 \sqrt{\ln c(n+1)/V_0}}} \text{ в } \sqrt{\frac{\ln \frac{S(L)\sqrt{\ln S(L)/S_1}}{S_1} + \ln \frac{(n+1)c\rho_0 S_0}{m \sqrt{\ln c\rho_0 S_0(n+1)/m}}}{\ln \frac{S(L)\sqrt{\ln S(L)/S_1}}{S_1} + \ln \frac{c\rho_0 S_0}{m \sqrt{\ln c\rho_0 S_0 / m}}}} \text{ раз.}$$

При числе двигателей, стремящихся к бесконечности получим уравнение

$$\frac{\dot{m}}{\rho S c \frac{S(L)}{S_1} \sqrt{\ln \frac{S(L)\sqrt{\ln S(L)/S_1}}{S_1} + \ln(n+1)}} = \sqrt{3}; \text{ Получается, что тяга системы n+1 двигателей равна}$$

$$F_n = \dot{m} < V > = 3\rho S c^2 \left[\ln \frac{S(L)\sqrt{\ln S(L)/S_1}}{S_1} + \ln \frac{(n+1)S_0}{S_1 \sqrt{\ln S_0(n+1)/S_1}} \right] (5 \cdot 10^3 / 300),$$

$$\dot{m} = \sqrt{3}\rho S c \frac{S(L)}{S_1} \sqrt{\ln \frac{S(L)\sqrt{\ln S(L)/S_1}}{S_1} + \ln \frac{(n+1)S_0}{S_1 \sqrt{\ln S_0(n+1)/S_1}}} (5 \cdot 10^3 / 300)^{0.5}$$

Параметры камеры сгорания учитываются в коэффициенте пропорциональности у скорости потока, зависящей от температуры в камере сгорания, которая принята 5000 градусов Кельвина. При отношении тяги множества двигателей с уменьшенным расходом к тяге одного двигателя

$$F_n/F_1 = \left[\ln \frac{S(L)\sqrt{\ln S(L)/S_1}}{S_1} + \ln \frac{(n+1)S_0}{S_1 \sqrt{\ln S_0(n+1)/S_1}} \right] / \left[\ln \frac{S(L)\sqrt{\ln S(L)/S_1}}{S_1} + \ln \frac{S_0}{S_1 \sqrt{\ln S_0/S_1}} \right]$$

Составим таблицу коэффициентов безразмерной тяги или числу Махов тела $M_1 \sim F_1 / 3\rho S c^2 S^2(L)/S_1^2$ в зависимости от отношения сечений и количества двигателей или начальной скорости тела

$$F_n/F_1 = M_n/M_1 = g[V_0/(n+1)]$$

$S(L)/S_1 = S_0/S_1$	$M_1 \sim F_1 / 3\rho S c^2 S^2(L)/S_1^2$	F_2/F_1	F_3/F_1	F_4/F_1	F_5/F_1
3	18.67	1.4	1.67	1.87	2.03
4	21.93	1.37	1.61	1.79	1.93
5	24.7	1.34	1.56	1.72	1.85

Необходимо сказать, что действующая на тело безразмерная сила пропорциональна Маху системы, а не ускорению см. [4] формула $F_l = \oint [-pn_l + \eta(\frac{\partial u_m}{\partial x^l} + \frac{\partial u_l}{\partial x^m})n_m] ds$.

В результате получается комплексная скорость. Я ее взял по модулю, как и площадь сечения двигателя согласно физическому смыслу комплексной скорости. Кроме того, воспользовался идеями о комплексном решении, описанном ниже по тексту, формулы (2.1), (2.2). Если рассчитывать точно тягу двигателя, то нужно воспользоваться средними значениями, вычисленными по алгоритму, приведенному ниже по тексту. Обращаю внимание, что в результате получится точный расчет на основе решения уравнения Навье-Стокса. Основной целью проекта описать некоторые свойства сверхзвукового движения тела, существование предельного числа маха при действительной силе для каждой ракеты.

2. Расчет двигателя с постоянным сечением

Приведу расчет реактивного двигателя в одномерном случае при постоянном сечении, с изменяющейся плотностью. Запишем уравнение Навье-Стокса в одномерном случае при постоянном сечении $V \frac{dV}{dx} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + v \Delta V$

Оно интегрируется и получается $V^2/2 + c^2 \ln \frac{\rho}{\rho_0} = v \frac{dV}{dx}$

При значении плотности в камере сгорания, равной плотности на срезе сопла скорости равны нулю откуда определится нулевая константа интегрирования. Осуществим разделение переменных

$$2v \frac{dV}{v^2 - c^2 \ln \frac{\rho}{\rho_0}} = dx; c^2 = \frac{dP}{d\rho}$$

Связь между ними реализуется через формулу, сечение полагаем постоянным

$$\frac{dm(t)}{dt} = \rho VS = \rho_0 V_0 S_0; \rho = \rho_0 V_0 / V; V_0 = \frac{\dot{m}(t)}{\rho_0 S_0}$$

Причем у дозвукового потока логарифм почти является константой

$$\frac{dV/C}{v^2/c^2 - 1} = \frac{du}{u^2 - 1} = C dx / 2v; C^2 = c^2 \ln V / V_0; u = V/C$$

Решением этого дифференциального уравнения является функция

$$u = \frac{1 + u_0 - (1 - u_0) \exp[-C(x - x_0)/v]}{1 + u_0 + (1 - u_0) \exp[-C(x - x_0)/v]}$$

Причем на расстоянии $x - x_0 = 100v/C$ реализуется скорость звука при изменении плотности $\frac{\rho_1}{\rho_0} = \frac{V_0}{c \sqrt{\ln c/V_0}}$. В качестве скорости звука берем значение в граничных сечениях, при этом возникнет ошибка в фазе, но она влияет только на длину двигателя.

Уравнение неразрывности между начальными условиями и достижением скорости звука удовлетворяется. В промежуточных точках определяется плотность потока, для удовлетворения уравнению неразрывности $\frac{\rho(x)}{\rho_0} = \frac{u_0}{u(x)}$.

Но в случае постоянного сечения двигателя изменяется плотность среды, по мере увеличения скорости уменьшается плотность для дозвукового течения. Для сверхзвукового течения с ростом скорости растет плотность потока. Скорость потока с учетом изменения плотности определяется в начальной и конечной точке потока. В промежуточных сечениях плотность определяется из равенства

$$u = u_0 \frac{\rho_0 \cdot 1 + u_0 - (1 - u_0) \exp[-C(x - x_0)/v]}{\rho(x) \cdot 1 + u_0 + (1 - u_0) \exp[-C(x - x_0)/v]}$$

Сверхзвуковая скорость имеет другое уравнение неразрывности

$$\frac{dm(t)}{dt} = \rho c_0^2 S / V = \rho_1 V_1 S_1; \rho = \rho_1 V_1 V / c_1^2; V_1 = \frac{\dot{m}(t)}{\rho_1 S_1}$$

Уравнение для определения скорости выглядит следующим образом

Это уравнение в безразмерном виде запишется следующим образом

$$\frac{dV}{V^2 + c^2 (\ln \frac{\rho}{\rho_1} + \ln \frac{\rho_0}{\rho_1})} = \frac{du}{u^2 + 1} = \int_{x_1}^x C dx / 2v; C^2 = c^2 (\ln \frac{\rho}{\rho_1} + \ln \frac{\rho_0}{\rho_1}) = c^2 [\sqrt{3} \ln \sqrt{3} + \ln \frac{c}{V_0 \sqrt{\ln c/V_0}}];$$

$$u = V/C$$

$$u = \tan [C(x - x_1)/2v + \arctan u_1 (1 + i\alpha)] = \tan (Re \psi + i\alpha/2), u_1 = 1$$

Тогда имеем формулу для средней и максимальной скорости потока в двигателе

$$u(x) = \frac{\tan(Re \psi)[1 - \tanh^2 \alpha/2] + i \tanh \alpha/2 (1 + \tan^2 Re \psi)}{1 + \tan^2(Re \psi) \tanh^2 \alpha/2} \sim \frac{\tan(Re \psi)[1 - \tanh^2 \alpha/2]}{1 + \tan^2(Re \psi) \tanh^2 \alpha/2} + \frac{i \sqrt{1 + \tan^2 Re \psi}}{\sqrt{1 + \tan^2(Re \psi) \tanh^2 \alpha/2}}$$

$$\langle u(\psi) \rangle = \frac{1 - \tanh^2 \alpha/2}{1 + \tanh^2 \alpha/2} + \frac{i}{\sqrt{1 + \tanh^2 \alpha/2}} = 1 + \sqrt{2}i; \tan(Re \psi) = \frac{\sqrt{1 - \cos 2 Re \psi}}{\sqrt{1 + \cos 2 Re \psi}} = 1; Re \psi \in [0, \pi]$$

$$u_{\tanh \alpha/2, \max}$$

Согласно формулам (2.1) и (2.2) мнимую часть скорости надо разделить $\tanh \alpha/2$ и извлечь корень. Тогда средняя и максимальная скорость на срезе ракеты будет равняться при плотности равной значению в конечной точке дозвукового течения

$$\langle V \rangle = \langle u(\varphi)c \rangle \sqrt{\ln(\sqrt{3} \ln \sqrt{3}) + \ln \frac{c}{V_0 \sqrt{\ln c/V_0}}} = \sqrt{3}c \sqrt{\ln(\sqrt{3} \ln \sqrt{3}) + \ln \frac{c}{V_0 \sqrt{\ln c/V_0}}}$$

$$V_{\max} = cu_{\max} \sqrt{\ln u_{\max} \sqrt{\ln u_{\max}} + \ln \frac{c}{V_0 \sqrt{\ln c/V_0}}}; u_{\max} = \frac{1}{\tanh \alpha / 2}$$

Максимальный размер двигателя ракеты определится из формулы

$$\phi \sqrt{3} \sqrt{\ln(\sqrt{3} \ln \sqrt{3}) + \ln \frac{c}{V_0 \sqrt{\ln c/V_0}}} \frac{1}{2} \frac{\pi}{\max_{\max}}$$

Скорость потока определяется по формуле, где для постоянной скорости потока для неизменной плотности, учтено уравнение неразрывности, которое делает скорость потока переменной

$$V(x) = \sqrt{3}c \frac{\rho(x)}{\rho_1} \sqrt{\ln(\sqrt{3} \ln \sqrt{3}) + \ln \frac{c}{V_0 \sqrt{\ln c/V_0}}}; \frac{\rho(L_{\max})}{\rho_1 \sqrt{3}}$$

Получается, что средняя скорость потока у двигателя с малой начальной скоростью или малым расходом больше $V_0 = \frac{\dot{m}}{\rho_0 S_0}$. Средний расход равен $\dot{m} = 3\rho S c \sqrt{\ln(\sqrt{3} \ln \sqrt{3}) + \ln \frac{c\rho_0 S_0}{\dot{m} \sqrt{\ln c\rho_0 S_0/\dot{m}}}}$. При малой начальной скорости, уменьшенной в $n+1$ раз, и использования $n+1$ двигателей тяга возрастет

$$\frac{\dot{m}}{n+1} (n+1) = \dot{m} = 3\rho S c \sqrt{\ln(\sqrt{3} \ln \sqrt{3}) + \ln \frac{(n+1)c\rho_0 S_0}{\dot{m} \sqrt{\ln c\rho_0 S_0/(n+1)/\dot{m}}}} \quad \text{в} \quad \frac{\sqrt{\ln(\sqrt{3} \ln \sqrt{3}) + \ln \frac{(n+1)c\rho_0 S_0}{\dot{m} \sqrt{\ln c\rho_0 S_0/(n+1)/\dot{m}}}}}{\sqrt{\ln(\sqrt{3} \ln \sqrt{3}) + \ln \frac{c\rho_0 S_0}{\dot{m} \sqrt{\ln c\rho_0 S_0/\dot{m}}}}} \quad \text{раз.}$$

Определим неизвестный расход из уравнения $x = 3 \sqrt{\ln(\sqrt{3} \ln \sqrt{3}) + \ln \frac{n+1}{x \sqrt{\ln(n+1)/x}}}$; $x = \frac{\dot{m}}{\rho c S}$; причем предполагаем $\rho = \sqrt{3}\rho_1 = \rho_0$; $S = S_0$. При условии $n = 0$ корень этого уравнения комплексный $x = 0.495 \pm 3.487i$, что означает колебание расхода с амплитудой, равной корню из мнимой части. При условии

$$n = 1, x_1 = 2.181 + 1.085i; n = 2, x_2 = 2.933 + 0.826i; n = 3, x_3 = 3.519 - 0.177i;$$

$$n = 4, x_4 = 3.143; n = 8, x_8 = 3.347; n = 12, x_{12} = 3.568$$

Но длина волны колебаний мнимой части по порядку величины равна $\lambda = \frac{v}{c_s} = 10^{-6} \text{ см}$ и приближение сплошной среды для этой длины волны не работает, т.е. вычисленная частота колебаний не реализуется. Необходимо использовать модуль комплексного расхода. Получается, что тяга системы $n+1$ двигателей равна

$$\Phi_{n+1} = \frac{F_{n+1}}{\rho S c^2} = \frac{\dot{m} \langle V \rangle}{\rho S c^2} = |x_n|^2 5 \cdot 10^3 / 300,$$

$$\frac{\dot{m}}{\rho S c} = |x_n| (5 \cdot 10^3 / 300)^{0.5}$$

Отношение тяги нескольких двигателей с уменьшенным расходом к тяге одного двигателя.

$$\Phi_{n+1}/\Phi_1 = [\ln(\sqrt{3} \ln \sqrt{3}) + \ln \frac{(n+1)c}{V_0 \sqrt{\ln c(n+1)/V_0}}] / [\ln(\sqrt{3} \ln \sqrt{3}) + \ln \frac{c}{V_0 \sqrt{\ln c/V_0}}] =$$

$$= |x_n|^2 / |x_0|^2$$

Двигатель на переменной плотности потока может быть коротким. Достаточно чтобы для стационарности потока 10^4 периодов тангенса для дозвукового потока и столько же для сверхзвукового потока.

Получена комплексная скорость среды в двигателе ракеты, но какова ее величина в действительной плоскости. Физический смысл комплексной безразмерной величины, это ее комплексная безразмерная траектория в комплексном пространстве

$$\frac{dx}{dt} = \text{Re } V(x) + i \text{Im } V(x), x = x(t, x_0)$$

Когда я использовал ламинарное решение для вычисления комплексного турбулентного решения при одном члене ряда, то для получения графиков Никурадзе я использовал корень из приведенной к почти единице, мнимой части скорости. Когда я использовал ряд с переменным знаком мнимой части то не извлекал корень из мнимой части, а брал модуль. Я считаю, что эти два способа решения эквивалентные, извлечение корня необходимо, когда величина мнимой части одного знака, если мнимые части имеют разный знак, то корень извлекается автоматически при суммировании мнимых частей разного знака. Но

надо мнимую часть привести к почти единице, см. [2]. В данном случае это величина $\alpha \operatorname{Im}[x(t, x_0)]$. Тогда действительная траектория $y(t, x_0)$ равна

$$y(t, x_0) = \operatorname{Re}[x(t, x_0)] + \frac{\sqrt{2\alpha \operatorname{Im}[x(t, x_0)]}}{\alpha} \sin\left\{ \int_{t_0}^t \operatorname{Im}[x(u, x_0)] du + \arg x_0 \right\} \quad (2.1)$$

Тогда средний квадрат действительной величины равен

$$\langle y^2(t, x_0) \rangle = \{\operatorname{Re}[x(t, x_0)]\}^2 + \operatorname{Im}[x(t, x_0)]/\alpha \quad (2.2)$$

Где среднее от синуса или удвоенного косинуса равно нулю. А средняя величина при одномерном движении при усреднении по $\arg x_0$ значения синуса приводит к среднему значению синуса нулевое.

$$\langle y(t, x_0) \rangle = \langle \sqrt{\{\operatorname{Re}[x(t, x_0)]\}^2 + \operatorname{Im}[x(t, x_0)]/\alpha} \rangle = \sqrt{\{\operatorname{Re}[x(t)]\}^2 + \operatorname{Im}[x(t)]/\alpha}$$

При этом величина квадрата мнимой части на срезе сопла в случае резонансного решения будет пропорциональна $1/\alpha^2$, как и до извлечения квадратного корня из мнимой части, но извлечется квадратный корень из множителя перед $1/\alpha$. Будут увеличены скорости перед мнимой частью внутри двигателя. Эта мнимая часть внутри двигателя величина малая, но будет увеличена. Комплексное решение получается при сверхзвуковом потоке, дозвуковой поток описывается действительной скоростью.

Подставляя в значение скорости $\langle V[x(t, x_0)] \rangle = \sqrt{\{\operatorname{Re} V[x(t)]\}^2 + \frac{\operatorname{Im} V[x(t)]}{\alpha}}$, $x(t) = \langle y(t, x_0) \rangle$ средние значения параметров, получим среднюю скорость на среднем расстоянии $\langle y(t, x_0) \rangle$.

Тогда можно получить зависимость средней скорости $\frac{d\langle y(t, x_0) \rangle}{dt}$ от средней координаты $\langle y(t, x_0) \rangle$ для любой координаты внутренности двигателя.

Основные свойства комплексного решения выявлены. Но имеется еще одна особенность решения. Уравнения комплексных линий тока обратимы по времени, что не скажешь об уравнения (2.1), при обратимости синус меняет знак. Поэтому надо добиться чтобы синус в точках решения равнялся нулю. Но надо сохранить турбулентные колебания синуса. Поэтому алгоритм следующий

$$y(t, x_0) = \operatorname{Re}[x(t, x_0)] + \frac{\sqrt{2\alpha \operatorname{Im}[x(t_k, x_0)]}}{\alpha} \sin\{ \operatorname{Im}[x(t_k, x_0)](t - t_0) + \arg x_0 \}$$

$$\operatorname{Im}[x(t_k, x_0)](t_k - t_0) + \arg x_0 = \pi k; k = \operatorname{int}\{ \operatorname{Im}[x(t, x_0)](t - t_0)/\pi + \arg x_0/\pi \} \quad (2.3)$$

В точках решения t_k синус равен нулю, при этом турбулентные колебания сохранены. Получилось непрерывное турбулентное решение с колебаниями, так как в скачке мнимой части синус равен нулю, причем в дискретных точках мнимой части оно обратимое, так как мнимая часть формулы равна нулю. Среднее действительное решение непрерывное и обратимое.

Графики Никурадзе для песочной шероховатости удалось построить. Каждый тип шероховатости требует отдельного подхода см. [2]. Теория определяет средний модуль тангенса наклона шероховатости. По ней удалось вычислить песочную шероховатость, причем формула для песочной шероховатости зависит от безразмерного давления или числа Рейнольдса. Формула эмпирическая, но иначе графики Никурадзе зависимости коэффициента сопротивления трубопровода с круглым сечением от числа Рейнольдса и степени шероховатости не получались. Получена общая формула коэффициента сопротивления для ламинарного и турбулентного режима для всех значений числа Рейнольдса. Причем при больших числах Рейнольдса, что соответствует сверхзвуку, безразмерная песочная шероховатость, совпадает со средним модулем тангенса наклона. Есть надежда что данный алгоритм распространяется на движение тела в атмосфере, но требуется расчет и проверка, в частности есть картинка течения для движения сферы см. [2], надо проверить совпадение картинок. Все это связанные задачи решения уравнения Навье-Стокса. При действительном дозвуковом ламинарном решении проблем с мнимой частью нет, действительное дозвуковое решение не содержит особенности, ламинарное решение гладкое.

Введение дополнительного члена в уравнение движения
и новый способ расчета траектории

Приведено обоснование введения дополнительного члена, пропорционального плотности воздуха, но при большом числе Махов ракеты имеющего существенное значение. Вычислено максимально значение Маха ракеты при действительной реактивной силе. При комплексной реактивной силе получено условие бесконечного Маха ракеты при некоторых условиях. По поводу комплексного турбулентного решения см. [2]. Предложен новый способ расчета траектории, в комплексной плоскости с пересчетом в действительную плоскость.

Стандартные уравнения движения баллистической ракеты имеют вид

$$\frac{dx}{dt} = V \cos \theta; \frac{dy}{dt} = V \sin \theta;$$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\alpha u(1 + \sqrt{2}i)/\sqrt{3} - F_{\text{соп.}}}{m(t)} - g \frac{R^2}{(R + y)^2} \sin \theta$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \operatorname{argexp} \left\{ -ig \frac{R^2}{[R+y(t)]^2} \frac{\cos \theta(t)}{V(t)} \right\};$$

$$F_{\text{сопр.}} = kV^2; k = 0.5S\rho_{\text{среды}}; \alpha = \dot{m}(t)$$

Тут необходимо сказать, что тяга двигателя комплексная и уравнения движения надо интегрировать в комплексной плоскости с последующим синусоидальным изменением мнимой части при вычислении действительной части решения см. формулы (2.1), (2.2), (2.3). Причем углы определяются как действительные, иначе неизбежная расходимость синуса и косинуса.

Наличие мнимой части решения снижает точность попадания до колебания мнимой части. Причем комплексное решение детерминированное и точное, как и турбулентное, но с учетом колебания мнимой части по синусу. Расчет в действительной плоскости должен давать большую ошибку и в лучшем случае определяет среднее значение. Я не понимаю, когда пишут точность попадания 10 метров, возможно это с помощью дополнительной коррекции.

Но тяга реактивного двигателя комплексная и если мнимая часть преобладает, то ошибка метода пропорциональна отношению действительной части к мнимой, так как мнимую часть тяги рассматривают как действительную и происходит деление всех уравнений на мнимую единицу, при этом малая часть действительной тяги двигателя выступает как мнимая часть, и ошибка пропорциональна отношению расчетной мнимой части, деленной на действительную часть. Если же мнимая и действительная часть тяги сравнимы по величине, то расчет в действительной плоскости дает 50% ошибку, и надо считать в комплексной плоскости.

Причем получив комплексное решение влияние мнимой части надо считать только в последней точке, получив поправку к средней траектории. По действительному среднему решению определяем вертикальную близкую к нулю высоту. Уточняем мнимую вертикальную координату для нахождения времени приземления. Потом уточняем горизонтальную мнимую координату приземления. Частот колебаний турбулентного решения определяется величиной $f = \frac{\dot{m}}{m(t)}$. Но подсчет в комплексной плоскости выявит среднее значение координаты с учетом мнимой части $z_k = \sqrt{(Re x_k)^2 + a Im x_k}; k = 1, 2$, где a - характерный размер ракеты и необходимо дальнейшее уточнение.

Но эту идею надо проверять, зависимость мнимой части по синусу не следует из формул, а является правдоподобным предположением. Оно подтверждается тем, что средний квадрат этой действительной формулы совпадает с комплексным значением квадрата модуля. Если бы действительная часть турбулентного решения изменялось по другой формуле, то ее средний квадрат не совпадал бы с квадратом модуля точного комплексного решения. Ни один из полиномов уравнений математической физики не обладает этим свойством. Поэтому можно с уверенностью сказать, что турбулентный режим описывается с помощью синуса. Причем начальная фаза синуса мнимой части при описании потока в двигателе в случае комплексных начальных условий равна фазе комплексного начального условия. В случае комплексного описания тела, на начальным условиям координаты удовлетворяет действительная часть, так как начальные условия у тела действительные, и только если начальная координата комплексная, возникает фаза у синуса в случае комплексного решения. Начальные условия комплексные, если тело в начале траектории колеблется, например, ракета в момент старта. Тогда мнимая фаза равна амплитуде колебаний, деленной на характерный размер ракеты.

Предлагается второе уравнение использовать в виде

$$\frac{m(t)}{m} \frac{dV}{dt} + \frac{d}{dt} \frac{V}{\sqrt{1-V^2/c^2}} = \frac{au(1+\sqrt{2}i)/\sqrt{3}-F_{\text{сопр.}}}{m} - g \frac{m(t)}{m} \frac{R^2}{(R+y)^2} \sin \theta$$

Причем считать в комплексной плоскости из-за комплексной тяги. При этом численный счет благополучно преодолевает релятивистский знаменатель, и модуль скорости может быть больше скорости звука.

Но применение метода расчета в комплексной плоскости требует точного учета коэффициента сопротивления, иначе точность вычисления точки приземления будет определяться погрешностью коэффициента сопротивления. Необходимо получить коэффициент сопротивления с большой точностью.

При этом присоединенная масса m добавленного члена пропорциональна плотности воздуха и мала. Ракета «Союз» достигает космической скорости в разреженной атмосфере, где плотность воздуха мала, и поэтому этот член мал. Ракеты на сверхзвуке достигают сверхзвуковые скорости в атмосфере, и этот член велик. Причем как показали исследования скорость звука тела велика, и этот член приобретает существенное значение при достижении этой увеличенной скорости звука. Следует различать два понятия, скорости звука тела и скорость звука среды. Скорость звука однородной бесконечной среды не зависит от скорости центра тяжести среды, и определяется по формуле $c^2 = \frac{dp}{d\rho}$. Скорость звука тела зависит от скорости тела, и как будет доказано в дальнейшем зависит от формы тела. Зависимость от формы тела приводит к большому значению скорости звука тела.

План моего сообщения таков, я вычислю максимальную скорость тела для электромагнитной волны, что опубликовано в интернете. Релятивистский знаменатель со скоростью звука – это моя идея и в технической литературе не используется. Расчет для электромагнитной волны справедлив и для звуковой

волны, поэтому я использую для расчета скорости звука тела электромагнитные волны, просто так сложилось, я написал материал для электромагнитных волн и не хочу его менять. Далее я описываю свойства звуковой волны, доказываю, что при действительной силе скорость тела ограничена, а при использовании комплексной силы, что приведет к комплексной скорости, может расти.

3. Расчет фазовой скорости тела в случае электромагнитной волны, входящей в релятивистский знаменатель и определяющий увеличенную максимальную скорость тела при действительной тяги

Получен интересный результат скорость возмущения тела, вытянутого вдоль скорости, увеличивается. Релятивистский знаменатель при этом остается действительным. Ракета при этом должна иметь специальную форму, продольный размер должен быть больше поперечного. Для сферического тела это невозможно. Оказывается, что скорость света является предельной для сферического тела, для продолговатого тела другая формула для предельной скорости возмущения. Это делает преобразование Лоренца специальной теории относительности зависящим от формы тела. Релятивистские формулы я давно рассматривал с переменной скоростью возмущения, фазовой скоростью света. Оказалось, что скорость возмущения зависит от формы тела. Но принцип относительности с переменной предельной скоростью возмущения устоял. Но параметры, определенные с конечной предельной скоростью возмущения должны пересчитываться в собственную систему координат, где часы, измеритель расстояния – локатор, и тело неподвижны. Отметим, что для описания элементарных частиц формулы не изменятся, они имеют сферическую форму и фазовая скорость для них совпадает со скоростью света в вакууме. Следует различать фазовую скорость среды и фазовую скорость тела. Фазовая скорость однородной бесконечной среды не зависит от скорости ее центра тяжести. Фазовая скорость тела, зависит от скорости тела - опыт Физо. Как показано в статье фазовая скорость тела зависит от его формы. Релятивистский знаменатель оказался с фазовой скоростью тела, что говорит о правильности моей идеи о преобразовании Лоренца с фазовой скоростью, разной для разных тел и систем координат.

Если рассмотреть одномерное движение, то получим следующее уравнение при начальной нулевой скорости

$$\frac{mV}{\sqrt{1-V^2/c^2}} = \int F dt.$$

Если рассмотреть одномерный случай, который соответствует сферическому телу малых размеров - решение

$$\frac{V}{\sqrt{1-V^2/c^2}} = \frac{\int F dt}{m}. \quad (3.1)$$

При этом скорость меняется по закону

$$\frac{V^2}{c^2} = \frac{(\int \frac{F dt}{mc})^2}{1 + (\int \frac{F dt}{mc})^2}. \quad (3.2)$$

Предельным значением получим скорость света c при действительной силе. При комплексной силе возможна бесконечная скорость при условии $\int \frac{F dt}{mc} = i$, при действительной силе скорость ракеты ограничена скоростью света.

Но если рассмотреть трехмерное пространство и узкое тело, то скорость и сила будет дельта функций от поперечной координаты.

$$\frac{V^2 \delta(r)}{c^2} = \frac{(\int \frac{F dt}{mc})^2 \delta(r)}{1 + (\int \frac{F dt}{mc})^2 \delta(r)r} = (\int \frac{F dt}{mc})^2 \delta(r).$$

В самом деле, имеем, используя аппроксимацию обобщенной функции

$$\frac{1}{1 + (\int \frac{F dt}{mc})^2 \delta(r)r} = \frac{1}{1 + (\int \frac{F dt}{mc})^2 \frac{\exp(-r^2/2\sigma^2)}{\sigma\sqrt{2\pi}} r} = \frac{1}{1 + (\int \frac{F dt}{mc})^2 \gamma} = 1;$$

$$\gamma = \delta(r)r = 0; \gamma = \frac{\exp(-r^2/2\sigma^2)}{\sigma\sqrt{2\pi}} r; \lim_{\sigma \rightarrow 0} \gamma = 0;$$

Свойство дельта функции $\gamma = \delta(r)r = 0$. Коэффициент, учитывающий не сферичность тела, получается аппроксимацией дельта функции, умноженной на радиус, при продольном размере больше поперечного $\gamma = \frac{\exp(-r^2/2\sigma^2)}{\sigma\sqrt{2\pi}} r; \lim_{\sigma \rightarrow 0} \gamma = 0; \lim_{r \rightarrow 0} \gamma = 0$. С одной стороны, имеем на бесконечности времени скорость сферического тела равна скорости света, а с другой стороны имеем значение скорости тела, бесконечно узкому в направлении движения, равной бесконечности. Значит, для конечного тела установится промежуточное значение скорости, по модулю большее скорости света.

Если записать уравнение движения продолговатого тела, то получим

$$\frac{v^2}{c^2} = \frac{(\int \frac{F dt}{mc})^2}{1 + (\int \frac{F dt}{mc})^2 \gamma}; \gamma = \frac{\exp(-r^2/2\sigma^2)r}{\sigma\sqrt{2\pi}}. \quad (3.3)$$

Влияние узкого тела аппроксимируется дельта функции, умноженной на радиус. Минимум максимальной скорости для узкого тела при действительной силе определяется по формуле $\frac{1}{\beta^2} = \gamma = \frac{\exp(-r^2/2\sigma^2)}{\sigma\sqrt{2\pi}}r$. При поперечном радиусе тела, равном нулю достигается максимальная скорость, при поперечном радиусе конечном, образуется конечная фазовая скорость тела, больше скорости света и максимум скорости тела при действительной силе равен его фазовой скорости. При радиусе тела равном продольному размеру тела максимум скорости тела равен скорости света $\gamma = 1$. Скорость света достигается при сферическом радиусе тела, равном продольному.

Но существуют простые физические соображения, описывающие увеличение скорости света в узком пространстве. Телесный угол распространения электромагнитной волны в сфере равен $\Delta\phi$. В случае если сферу растянуть вдоль оси z , то телесный угол уменьшится и станет равным $\frac{\Delta\phi a^2}{a_z^2}$, где a радиус не растянутой сферы, величина a_z длина растянутой части сферы. Плотность импульса электромагнитной волны пропорциональна скорости света и плотности электромагнитной волны. Так как сфера определяет скорость распространения, равную скорости света, значит в случае вытянутой сферы - эллипсоида с круговым сечением фазовая скорость распространения $c_F \frac{\Delta\phi a^2}{a_z^2} = c\Delta\phi$, при этом происходит распространение вдоль оси z с увеличенной фазовой скоростью $c_F = c \frac{a^2}{a_z^2}$. При этом скорость распространения вдоль другой оси уменьшится и будет равна $c_F = c \frac{a^2}{a_z^2}$ из тех же самых рассуждений. Обобщает выведенные формулы полученная зависимость в случае кругового сечения $a_x = a_y = a$ имеем формулу $c_F = c(\frac{a_z^2}{a^2} \cos^2 \theta + \frac{a^2}{a_z^2} \sin^2 \theta)$, которая при условии $\theta = 0$ определяет продольную скорость, а при $\theta = \pi/2$ поперечную скорость с правильной формулой для фазовой скорости шара.

Общая формула для скорости распространения

$$c_F = c(\frac{a_z^2}{a_x^2 \cos^2 \phi + a_y^2 \sin^2 \phi} \cos^2 \theta + \frac{a_x^2 \cos^2 \phi + a_y^2 \sin^2 \phi}{a_z^2} \sin^2 \theta). \quad (3.4)$$

В случае равенства всех осей эллипсоида, получается скорость света, как и следовало ожидать. В случае сферы $a_x = a_y = a = a_z$ имеем $c_F = c$. Где углы θ, ϕ определяют направление световой скорости.

Данное описание включает и тарелку при определенном угле $a/a_z \gg 1, a_x = a_y = a, \theta = \pi/2$.

Разрешим уравнение (3.3) относительно скорости, считая, что начальная скорость равна нулю, получим введя константу, учитывающую продолговатый размер тела

$$\beta^2 \gamma \Phi^2 + \beta^2 - \Phi^2 = 0, \Phi = \int_0^t \frac{F dt}{mc}; \beta = \frac{v}{c}$$

Откуда определяем действующий импульс

$$\Phi = \frac{\beta}{\sqrt{1 - \beta^2 \gamma}}.$$

Двигатель при этом может работать бесконечное время, приближаясь к нулю релятивистского знаменателя. Откуда определяется предельно достижимая фазовая скорость при действительной силе

$$\begin{aligned} c_F &= \frac{c}{\sqrt{\gamma}} = c \sqrt{\frac{\exp(r^2/2\sigma^2)\sqrt{2\pi}}{r} \sigma} = \\ &= c(\frac{a_z^2}{a_x^2 \cos^2 \phi + a_y^2 \sin^2 \phi} \cos^2 \theta + \frac{a_x^2 \cos^2 \phi + a_y^2 \sin^2 \phi}{a_z^2} \sin^2 \theta); r \leq \sigma \\ \frac{r^2}{4\sigma^2} + \ln \sqrt{\frac{\sigma\sqrt{2\pi}}{r}} &\sim \ln(\frac{a_z^2}{a_x^2 \cos^2 \phi + a_y^2 \sin^2 \phi} \cos^2 \theta + \frac{a_x^2 \cos^2 \phi + a_y^2 \sin^2 \phi}{a_z^2} \sin^2 \theta); \\ \frac{\sigma\sqrt{2\pi}}{r} &= (\frac{a_z^2}{a_x^2 \cos^2 \phi + a_y^2 \sin^2 \phi} \cos^2 \theta + \frac{a_x^2 \cos^2 \phi + a_y^2 \sin^2 \phi}{a_z^2} \sin^2 \theta)^2 \gg 1 \\ c_F &= \frac{c}{\sqrt{\gamma}} = c(\frac{a_z^2}{a_x^2 \cos^2 \phi + a_y^2 \sin^2 \phi} \cos^2 \theta + \frac{a_x^2 \cos^2 \phi + a_y^2 \sin^2 \phi}{a_z^2} \sin^2 \theta) \end{aligned}$$

Для тарелки $\theta = \frac{\pi}{2}, a_x = a_y = a$ и распространение вдоль радиуса a плоской тарелки $a_z \rightarrow 0$ получаем обратную формулу $c_F = \frac{c}{\sqrt{\gamma}} = c \frac{a^2}{a_z^2}$ и получим бесконечную скорость при условии $a_z \rightarrow 0$. При условии $a_z \rightarrow 0$ определится максимальная скорость вдоль радиуса, т.е. максимальная скорость тарелки. При этом надо выделить угол, определяющий направление скорости, определяющее неизвестным нам двигателем тела. Возможное описание этого двигателя приведено в статье [1].

Следует различать фазовую скорость среды и фазовую скорость тела. Фазовая скорость однородной бесконечной среды не зависит от скорости ее центра тяжести. Фазовая скорость тела, зависит от скорости тела - опыт Физо. Как показано в статье фазовая скорость тела зависит от его формы.

Но как интерпретировать подобную зависимость. Просто фазовая скорость тела не является константой, а зависит от формы тела, и эта фазовая скорость входит в релятивистский знаменатель. Скорость возмущения для узкого тела вдоль продольного большого размера $\theta = 0, a_x = a_y = a$ определяется по формуле

$$c_F = c \sqrt{\frac{\exp(r^2/2\sigma^2)\sqrt{2\pi}}{r}} \sigma = c \frac{a_z^2}{a^2}; \frac{r}{\sigma} = 0.7925 + 1.28268i \rightarrow \frac{a_z}{a} = 1 + 2.08 \cdot 10^{-4}i.$$

Причем формула определения фазовой скорости через параметры $\frac{\exp(r^2/2\sigma^2)\sqrt{2\pi}}{r} \sigma$ определяет комплексное отношение $\frac{r}{\sigma}$ и является плохой. Правильное определение фазовой скорости при формуле для эллипса формула (3.4). Определены значения параметров сферического тела. Определена фазовая скорость продолговатого тела вдоль оси продолговатости. Необходимо получить фазовую скорость произвольного тела.

Релятивистский знаменатель оказался с фазовой скоростью тела, что говорит о правильности моей идеи о преобразовании Лоренца с фазовой скоростью, разной для разных тел и систем координат.

Приближенное значение осей эллипса, которым моделируется произвольное выпуклое тело, определяются по формуле

$$\begin{aligned} a_z^2 &= \int_0^{2\pi} \int_0^\pi 3z^2(\theta, \phi) \sin \theta d\theta d\phi / 4\pi \\ a_x^2 &= \int_0^{2\pi} \int_0^\pi 3x^2(\theta, \phi) \sin \theta d\theta d\phi / 2\pi \\ a_y^2 &= \int_0^{2\pi} \int_0^\pi 3y^2(\theta, \phi) \sin \theta d\theta d\phi / 2\pi. \end{aligned}$$

Вычислены коэффициенты у этих формул из условия равенства квадрату радиуса для сферы

Полученные формулы будут точными для эллипсоида - вытянутого или сплюснутого, для тел другой формы они будут приближенными

$$\begin{aligned} \frac{z^2}{a_z^2} + \frac{x^2}{a_x^2} + \frac{y^2}{a_y^2} &= 1; \frac{z^2}{a_z^2} + \frac{r^2}{b^2} = 1; z_1^2 + r^2 = b^2; z_1 = \frac{bz}{a_z}; b^2 = a_x^2 \cos^2 \phi + a_y^2 \sin^2 \phi = \frac{a_x^4 + a_y^4}{a_x^2 + a_y^2}; \\ \frac{r^2}{b^2} &= \frac{x^2}{a_x^2} + \frac{y^2}{a_y^2}. \end{aligned}$$

В самом деле

$$\begin{aligned} a_z^2 &= \int_0^{2\pi} \int_0^\pi 3z^2(\theta, \phi) \sin \theta d\theta d\phi / 4\pi = - \int_0^{2\pi} \int_0^\pi 3a_z^2 \cos^2 \theta d \cos \theta d\phi / 4\pi = a_z^2 \\ a_x^2 &= \int_0^{2\pi} \int_0^\pi 3x^2(\theta, \phi) \sin \theta d\theta d\phi / 2\pi = - \int_0^{2\pi} \int_0^\pi 3a_x^2 \sin^2 \theta \cos^2 \phi d \cos \theta d\phi / 2\pi = a_x^2 \\ a_y^2 &= \int_0^{2\pi} \int_0^\pi 3y^2(\theta, \phi) \sin \theta d\theta d\phi / 2\pi = - \int_0^{2\pi} \int_0^\pi 3a_y^2 \sin^2 \theta \sin^2 \phi d \cos \theta d\phi / 2\pi = a_y^2. \end{aligned}$$

Интегралы вычислены для эллипсоида.

Но надо сказать, что вычислена фазовая скорость тела, а не среды. В дальней зоне тела $R > k(a_x a_y a_z)^{2/3} \left(\frac{a_z^2}{a_x^2 \cos^2 \phi + a_y^2 \sin^2 \phi} \cos^2 \theta + \frac{a_x^2 \cos^2 \phi + a_y^2 \sin^2 \phi}{a_z^2} \sin^2 \theta \right)$, когда справедливо приближение плоской волны, скорость света станет равной фазовой скорости среды. В промежуточной зоне справедливо промежуточное значение скорости света.

Выводы

Проанализирован режим движения с релятивистским знаменателем со скоростью света. Показано, что любая вытянутая ракета имеет максимальную фазовую скорость тела, больше скорости света в вакууме, значит и максимальную скорость тела равной увеличившейся фазовой скорости света. Предложена формула для максимальной скорости распространения. Релятивистский знаменатель оказался с фазовой скоростью света. Если писать преобразование Лоренца по вычисленной формуле, то получится бессмыслица, размер тела зависит от его формы. Поэтому надо пересчитывать вычисленные размеры в собственную систему координат, где часы, локалор и тело, определяющие расстояние неподвижные.

4. Соображения о максимальной скорости тела в атмосфере при действительной тяге, принципиальная возможность получения бесконечной комплексной скорости

Уравнение движения с учетом релятивистского знаменателя запишем в виде

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \frac{v}{\sqrt{1-v^2/c^2}} &= \frac{au(1+\sqrt{2}i)/\sqrt{3} - F_{\text{comp}}}{m} - g \frac{m(t)R^2}{m(R+y)^2} \sin \theta - \frac{m(t)}{m} \frac{dV}{dt} = \\ &= \frac{au(1+\sqrt{2}i)/\sqrt{3} - kV^2}{m} - \frac{m(t)}{m} \frac{dV}{dt} - g \frac{m(t)R^2}{m(R+y)^2} \sin \theta \end{aligned}$$

Если записать уравнение движения продольного тела, то получим

$$\frac{v^2}{c^2} = \frac{\left\{ \int \left[\frac{\alpha u(1+\sqrt{2}i)/\sqrt{3}-kV^2}{mc} - \frac{m(t)dV}{m \ cdt} - g \frac{m(t)R^2}{mc(R+y)^2} \sin \theta \right] dt \right\}^2}{1 + \left\{ \int \left[\frac{\alpha u(1+\sqrt{2}i)/\sqrt{3}-kV^2}{mc} - \frac{m(t)dV}{m \ cdt} - g \frac{m(t)R^2}{mc(R+y)^2} \sin \theta \right] dt \right\}^2 \gamma} = \frac{\left(\int \frac{F dt}{mc} \right)^2}{1 + \left(\int \frac{F dt}{mc} \right)^2 \gamma}. \quad (4.1)$$

При этом предельное значение Маха ракеты при действительной силе равно $M = \beta = 1/\sqrt{\gamma} = \frac{a_z^2}{a_x^2 \cos^2 \phi + a_y^2 \sin^2 \phi} \cos^2 \theta + \frac{a_x^2 \cos^2 \phi + a_y^2 \sin^2 \phi}{a_z^2} \sin^2 \theta$. При условии, комплексной силы, если импульс равен

$$\begin{aligned} \Phi(t) &= \int \frac{F}{mc} dt = i/\sqrt{\gamma} = i \left(\frac{a_z^2}{a_x^2 \cos^2 \phi + a_y^2 \sin^2 \phi} \cos^2 \theta + \frac{a_x^2 \cos^2 \phi + a_y^2 \sin^2 \phi}{a_z^2} \sin^2 \theta \right) = \\ &= i \frac{a_z^2}{a^2} \gg 1, a_x = a_y = a, \theta = 0 \quad (4.2) \end{aligned}$$

скорость ракеты устремится к бесконечности, но практическая реализация этой идеи описана ниже по тексту. Но поддерживать этот режим сложно, нужна определенно изменяющаяся комплексная скорость реактивной струи в соответствии со скоростью ракеты. Но принципиально проблема бесконечной скорости ракеты решается. Практически можно реализовать за счет комплексной силы большую скорость ракеты. По поводу комплексного решения см. [2]. Получим уравнение движения

$$\Phi(t) = \int \frac{F dt}{mc} = \frac{\beta}{\sqrt{1-\beta^2}}, \quad (4.3)$$

Так как режим работу реактивного двигателя турбулентный, значит скорость течения в нем комплексная и тяга реактивного двигателя комплексная см. [2]. Значит скорость является комплексной, и преодолевает особенность, бесконечность релятивистского знаменателя не образуется. Если $|\beta| > \frac{1}{\sqrt{\gamma}}$ тогда интеграл от импульса становится комплексным

$$\begin{aligned} \Phi(t) &= \int \left[\frac{\alpha u(1+\sqrt{2}i)/\sqrt{3}-kV^2}{mc} - \frac{m(t) \ dV}{m \ cdt} - g \frac{m(t)R^2}{mc(R+y)^2} \sin \theta \right] dt = \frac{\beta(t)}{\sqrt{1-\beta^2(t)}} = \\ &= i \frac{\beta(t)}{\sqrt{\gamma\beta^2(t) - 1}} = \frac{i}{\sqrt{\gamma - 1/\beta^2(t)}} \end{aligned}$$

При действительном импульсе $\Phi(t)$ стремящемся к бесконечности, число Маха имеет ограниченное значение, меньшее $\beta = 1/\sqrt{\gamma} = \frac{a_z^2}{a_x^2 \cos^2 \phi + a_y^2 \sin^2 \phi} \cos^2 \theta + \frac{a_x^2 \cos^2 \phi + a_y^2 \sin^2 \phi}{a_z^2} \sin^2 \theta = \frac{a_z^2}{a^2} \gg 1, a_x = a_y = a, \theta = 0$ получилось такое значение скорости ракеты, моделируемой вытянутым в направлении движения эллипсом. Получается, что при действительном $\Phi(t)$ максимальный Мах ракеты может быть не больше квадрата отношения продольного размера к поперечному. При комплексном $\Phi(t)$ Мах ракеты становится комплексным, преодолевается скорость звука, и комплексная скорость ракеты может расти не ограниченно. При этом достигнув большой скорости величин

$$\Phi(\infty) = \frac{i}{\sqrt{\gamma - 1/\beta^2(\infty)}} = \int_{t_0}^{\infty} \left[\frac{\alpha u(t)(1+\sqrt{2}i)/\sqrt{3}-kV^2(t)}{mc} - \frac{m(t) \ dV(t)}{m \ cdt} - g \frac{m(t)R^2}{mc(R+y)^2} \sin \theta \right] dt$$

и для сходимости интеграла необходима постоянная реактивная скорость истечения газов из ракеты, определяемая величиной $\alpha(1 + \sqrt{2}i)u(\infty)C = k\{[Re V(\infty)]^2 - [Im V(\infty)]^2 + 2i Re V(\infty) Im V(\infty)\} + g \frac{m(\infty)R^2}{(R+y)^2} \sin \theta$. При условии $\beta(\infty) \rightarrow \infty$ получаем условие бесконечной скорости тела см. формулу (4.2).

Приложение

Вывод формулы для релятивистского знаменателя
со скоростью звука для среды, или присоединенной массы

Можно получить преобразование Лоренца из инвариантности метрического интервала следуя выводу преобразований Лоренца в [3] §4. Отметим основные моменты этого вывода. Инвариантен метрический интервал с фазовой скоростью звука или электромагнитной волны. В случае электромагнитной или звуковой волны он равен нулю

$$\begin{aligned} ds^2 &= c_a^2 d\tau^2 - (dx^1)^2 - (dx^2)^2 - (dx^3)^2 = \\ &= c_a'^2 dt'^2 - (dx'^1)^2 - (dx'^2)^2 - (dx'^3)^2 = 0. \end{aligned}$$

Отмечу что фазовая скорость элементарных частиц совпадает со скоростью света в вакууме. Но при описании присоединенной массы в гидродинамике и эффективной массы в физике твердого тела релятивистский знаменатель с фазовой скоростью звука есть. Отмечу, что масса тела или частицы зависит от свойств среды и присоединенная масса не исключение. Это масса тела, которая определяется плотностью среды и его объем зависит от формы тела.

При этом связь между штрихованными и не штрихованными координатами дается формулой

$$dx^1 = dx'^1 \cosh \psi + c'_a dt' \sinh \psi \quad c_a dt = dx'^1 \sinh \psi + c'_a dt' \cosh \psi.$$

$$dx^2 = dx'^2, dx^3 = dx'^3 .$$

Рассмотрим движение при условии $dx'^1 = 0$, имеем

$$dx^1 = c'_a dt' \sinh \psi \quad c_a dt = c'_a dt' \cosh \psi.$$

Делим эти два уравнения, имеем

$$\frac{dx^1}{c_a dt} = \frac{V}{c_a} = \tanh \psi.$$

Где V, c_a скорости не штрихованной системы координат, относительно штрихованной. Тогда преобразование координат запишется в виде

$$dx^1 = (dx'^1 + c'_a dt' \frac{V}{c_a}) \gamma; \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c_a^2}}} \quad c_a dt = (dx'^1 \frac{V}{c_a} + c'_a dt') \gamma. \quad (2.5)$$

Где скорость c_a определяется для двигающейся среды, а скорость c'_a для неподвижной. Но эти формулы справедливы для среды, и для присоединенной массы, обусловленной свойствами среды.

Список литературы

1. Якубовский Е.Г. Следствия из энергии диполя или обоснование идеи Николы Тесла «Энциклопедический фонд России», 2020, 8 стр. http://russika.ru/userfiles/390_1585399514.pdf
2. Якубовский Е.Г. Исследование решения уравнения Навье – Стокса II «Энциклопедический фонд России», 2018, 78 стр. http://russika.ru/userfiles/390_1568217785.pdf
3. Ландау Л.Д. Лифшиц Е.М. Теоретическая физика том II, Теория поля М.: Наука, 1973, 504стр.
4. Якубовский Е.Г. Определение скорости движения тела и вязкой среды при произвольном числе Рейнольдса «Энциклопедический фонд России», 2020, 15 стр. http://www.russika.ru/userfiles/390_1598196192.pdf

БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ

Хамдамов Анвар Махмудович

канд. техн. наук,

Наманганский инженерно-технологический институт,

Узбекистан, Наманганская область,

г. Наманган

Игамбердиева Дилфуза Алимовна

ассистент,

Наманганский инженерно-строительный институт,

Узбекистан, Наманганская область,

г. Наманган

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE USAGE OF SECONDARY RESOURCES

Hamdamov Anvar

candidate of Technical Sciences,

Namangan engineering and technological institute,

Uzbekistan, Namangan region, Namangan

Igamberdieva Dilfuza

Assistant,

Namangan engineering and building institute,

Uzbekistan, Namangan region, Namangan

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы образования электронных отходов и перспективы их повторного использования.

Abstract. This article discusses the issues of e-waste generation and the prospects for their reuse.

Ключевые слова: электронные отходы, охрана окружающей среды, рациональное использование природных ресурсов, домашние отходы, переработка отходов, твердые отходы, электронных отходов, полимер, макулатура, стекло, резинка, старые ткани.

Keywords: e-waste, protection of the environment, rational use of natural resources, household waste, waste recycling, solid waste, electronic waste, polymer, waste paper, glass, rubber, old fabrics.

Globally, the problem of e-waste is becoming one of the most pressing environmental issues, such as domestic and industrial waste. According to the analysis, the annual increase in household and industrial waste in recent years has a negative impact on environmental sustainability on earth. According to the data, there are about 900 types of waste, which has been recorded so far. The amount of waste in the world increases by 3% every year.

The protection of the environment from production and consumption waste is inextricably linked with the problems of rational use of natural resources and the implementation of environmentally friendly technologies. For many centuries, improper waste management has led to changes in natural resources, disruption of natural phenomena. Eighty percent of these wastes are organic matter, and their recycling can produce large amounts of energy and energy carriers. The experience of developed countries shows that 85% of it can be recycled.

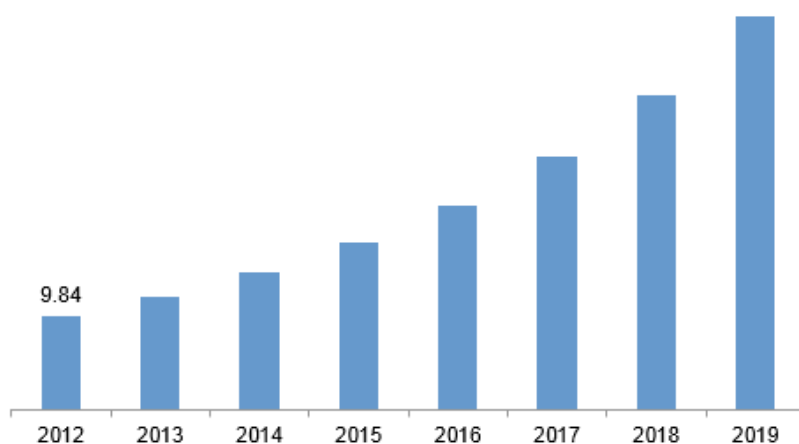
If we look at the foreign experience, € 200 fine for throwing rubbish out of a car window and € 90 fine for throwing cigarette butts in the hallway will be paid in Spain. In Germany, immoral citizens are caught by "garbage detectives". Garbage that is not thrown in a special box will result in € 100 fine due to video recorded on video cameras installed on the streets. You will have to pay € 20 for throwing cigarette butts, ice cream or candy wrappers, a cold drink bottle on the floor costs, € 35 for chewing gum and leftover food, while throwing old furniture and electronics costs between € 150 and 600. paper thrown on the ground in Sweden costs its owner € 90, while in Singapore it costs 300 to 1,000 dollars.

Experts say that household waste is a cheap raw material all over the world. The experience of developed countries shows that 85% of waste can be recycled. In some countries, a separate waste collection system has been established. As a result, most of the raw materials, such as paper, plastic, aluminum, are sent for recycling. The positive impact of this process on the environment is enormous. Waste recycling saves energy and raw materials significantly.

Waste recycling reduces the use of electricity and water several times. For example, getting paper from waste paper not only reduces the cutting of trees, but also reduces electricity consumption by three-quarters. A ton of paper recycling consumes half the water it takes to make it out of wood.



Increasing number of electronic waste is also a threat to human being. About 2 million tons of electronic waste is generated on Earth every year. For example, a single mobile device consists of 500 to 1,000 different parts. Many of them contain toxic heavy metals - lead, mercury, cadmium and other hazardous chemicals.



Source: Transparency Market Research, Annual Reports, Primary Interviews

Today, Uzbekistan is the second place in Central Asia after Kazakhstan in terms of new e-waste collection. Every day in our country 12-13.5 tons of solid waste is collected, about 5 million tons per year. According to UN experts, up to 45 tons of electronic waste, including electronics and office equipment, is generated in Uzbekistan, which is the second largest in Central Asia after Kazakhstan.

Currently, there are 317 enterprises processing household waste in Uzbekistan. These include enterprises that process polymer, waste paper, glass, rubber, old fabrics and other types of waste. They recycle only about 14.23% of household waste.

Among solid waste, electronic waste (components of electronic devices) or in other words e-waste occupies one of the highest positions in terms of the complexity of the processes of utilization and subsequent use.

The State Committee for Ecology and Environmental Protection of the Republic of Uzbekistan and its territorial departments have established controlling inspections on waste generation, collection, storage, transportation, utilization, processing, burial and sale. The most effective way to develop the industry is to introduce low-tech technologies to waste processing and utilization enterprises. Today, about 300 enterprises in the country process paper, plastic, rubber, glass, metal and other secondary waste.

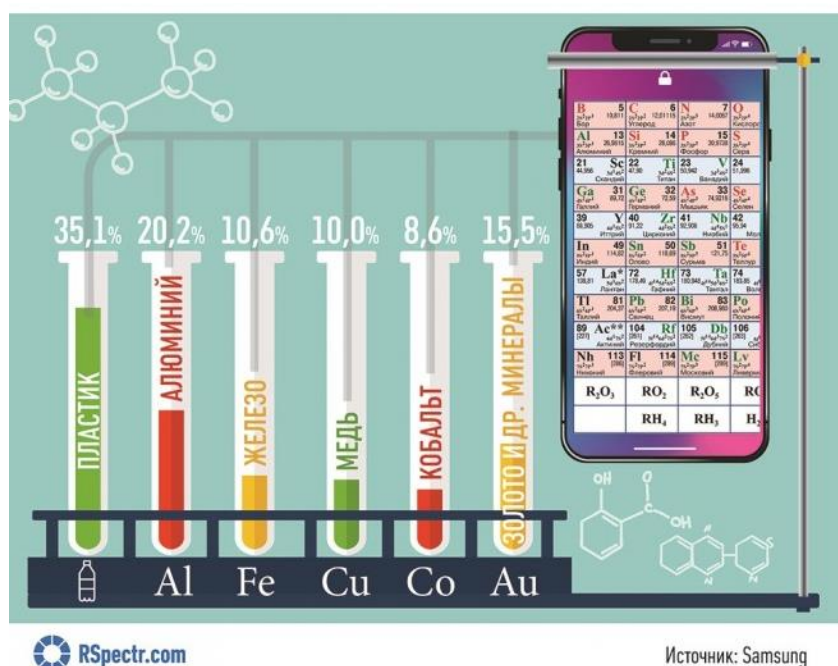
As the range of electronic products used in the household grows, so does the amount of electronic waste. Advances in science and technology have created a new type of waste that causes serious damage to the environment, electronic waste. Switzerland decreed a law in 1998 banning the disposal of electronic waste in ordinary landfills.

As cell phones, computers, printers, and cameras are updated, they are thrown in the trash. 500,000 tons of refrigerators, 1.3 million tons of televisions and 300,000 tons of computers, in China alone are dumped in landfills every year.

80% of e-waste in the US and 75% in the EU is imported and resold to developing countries. Toxic substances in them are released into public landfills, mix with soil and water, and enter many living organisms, including the human body, causing disease. According to experts, there will be 49.8 million tons of e-waste and this equates 7 kg for each citizen of 7 billion population. By comparison, this electronic waste is equal to the height of 11 Egyptian pyramids. Electronic waste contains hazardous compounds. Computer monitors and televisions each contain up to 4 pounds of lead. They also contain heavy metals up to 70 percent mercury and cadmium. When lead has a negative effect on a person's nervous system and kidneys, cadmium can cause lung damage. Liquid crystal monitors are coated with panels containing mercury. In addition, the chromium, lithium and hydrocarbons in them cause serious damage to the environment.

According to the UN report on e-waste, 50 million tons of electronic and electrical waste are being globally occurred. Analysts predict that if nothing is done in this field, the amount of waste will double by 2050, constituting 120 million tons per year. It should be noted that 500,000 phones are dropped annually worldwide. There is 100 times more gold than a ton of gold ore in a ton of cell phones.

Materials contained in mobile devices



Toshtrangmetzavod JSC is an enterprise specializing in the collection and processing of non-ferrous metals, equipped with modern equipment and advanced technologies. Highly qualified staff is working. The factory is engaged in the collection of non-ferrous metal scrap and waste, primary processing of non-ferrous metals, collection and recycling of discarded lead-acid batteries. In 2017, the company recycled 180 tons of electronic waste.

Only about 20% of the electronic waste is recycled around the world.

The following factors have a negative impact on the rapid development of the electronic waste recycling industry:

- Complex production specifications (special high-precision high-tech equipment and the need for specialists working on them);
- high labor costs, size, diversity of recyclable items by hazard class, different levels of demand in the markets;
- no stable demand for the disposed fraction, no stable flow of waste, no collection infrastructure.

Environmental problems will be eliminated and the economy of country will benefit by solving the above tasks, by creating an effective system of work on the use of e-waste as a secondary raw material.

References:

1. A New Circular Vision for Electronics Time for a Global Reboot In support of the United Nations E-waste Coalition. January 2019. http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.
2. Umair, S., Björklund, A. and Petersen, E. E. (2013). "Vital Waste Graphics," Global Resource Information Database (2005), accessed at <http://www.grida.no/publications/vg/>

3. Africa Institute (2012). Hazardous waste inventory report for Mauritius, The Africa Institute for the environmentally sound management of hazardous and other waste.
4. Haraldrud varmesentral, Oslo[Электронный ресурс]// Norsk Energi[Официальный сайт]. URL: <http://www.energi.no/56-mw-trepulverkjel-pa-haraldrud-i-full-drift-2>
5. Grouddalen Miljøpark[Электронный ресурс]//Norsk Gjenvinning[Официальный сайт]. URL: <http://www.norskgjenvinning.no>
6. Arsrapport 2013.Kapittel 2[Электронный ресурс]//Norsk Gjenvinning[Официальный сайт]. URL: http://www.norskgjenvinning.no/_attachment

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

ОКОННОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУРЬЕ ПРИ ВЫЧИСЛЕНИИ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННЫХ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ФУНКЦИЙ.

Данилов Д.Е.

*Данилов Дмитрий Евгеньевич – аспирант,
Инженерная школа информационных технологий и робототехники,
Томский политехнический университет, г. Томск*

Как отмечалось ранее, в практике цифровой обработки сигналов, находят применение различные оконные функции. В зависимости от свойств, оконные функции разделяются на функции низкого разрешения и функции высокого разрешения [1]. Свойства оконных функций определяются их амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ) и логарифмической амплитудно-частотной характеристикой (ЛАЧХ), которые могут быть получены по формулам [2]:

$$W(f) = \frac{1}{N} \left| \sum_{j=0}^{N-1} w(j) \cdot e^{-2\pi i \cdot jf \Delta t} \right|, \quad (1)$$

$$L_w(f) = 20 \cdot \log_{10} (W(f))$$

где $W(f)$ – АЧХ оконной функции; $L_w(f)$ – ЛАЧХ оконной функции.

Для оконных функций высокого разрешения характерно значительное растекание энергии по спектру (высокий уровень боковых лепестков на АЧХ) и относительно небольшое влияние на соседние частотные отсчеты (малая ширина основного лепестка АЧХ) [1]. В связи с этим, использование преобразование Фурье оконных функций высокого разрешения позволяет различать в спектре близкие по частоте сигналы [1], однако при этом происходит их ослабление. Напротив, оконные функции низкого разрешения не позволяют различать близкие по частотам сигнала, но в то же время позволяют минимизировать растекание энергии сигналов по спектру [1]. Это объясняется низким уровнем боковых лепестков и большой шириной основного лепестка АЧХ. Общими чертами различных оконных функций $w(i)$ являются: 1) симметрия относительно оси $i = N/2 - 1$; 2) достижение максимального значения вблизи оси симметрии и уменьшение значения при приближении к границам интервала $i = 0, 1, \dots, N - 1$. Как отмечалось ранее, простейшим примером оконной функции является прямоугольная оконная функция (2). Данная оконная функция имеет высокое разрешение: максимальный уровень боковых лепестков АЧХ и минимальную ширину основного лепестка. Вид прямоугольной оконной функции, а также ее АЧХ и ЛАЧХ приведены на рисунке 3.

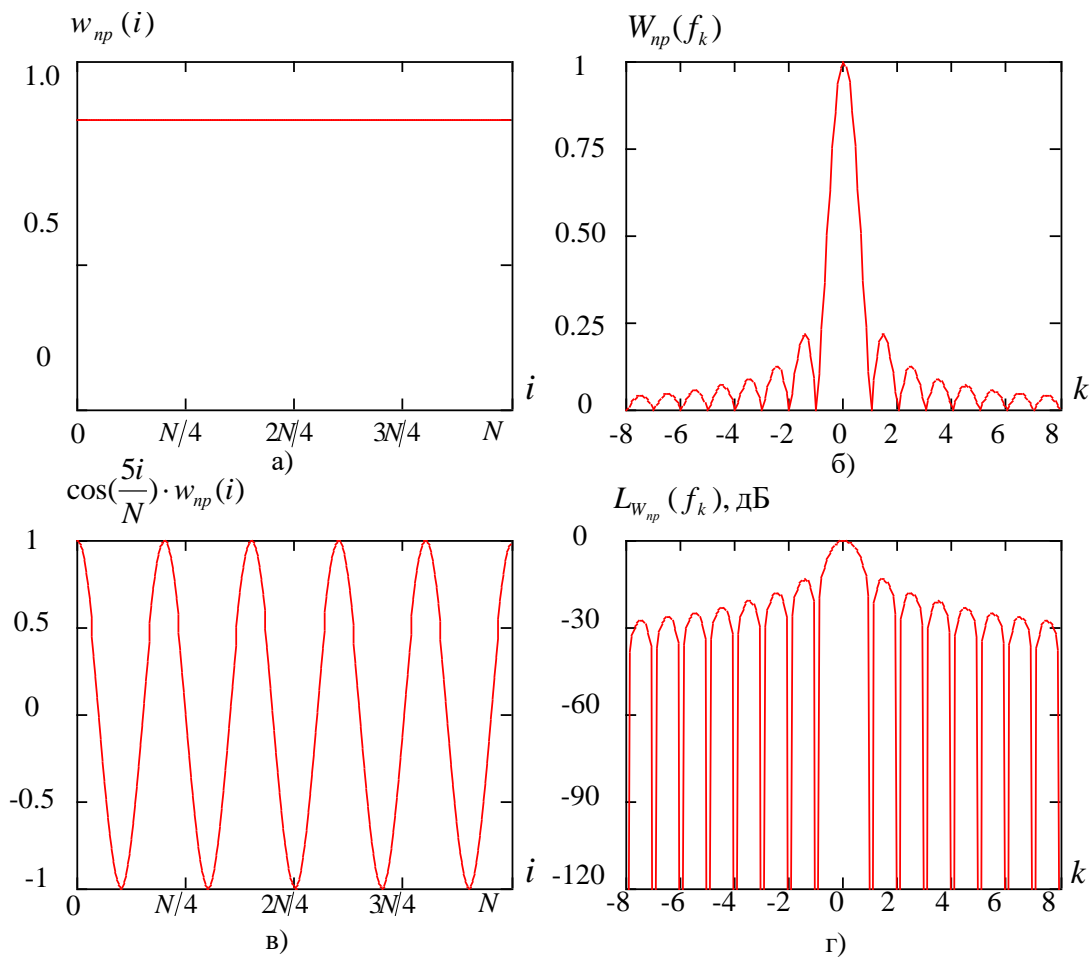


Рисунок 3 – Прямоугольное окно
 (а – функция во временной области, б – АЧХ, в – гармонический сигнал,
 умноженный на оконную функцию, г – ЛАЧХ)

Другим частотным примером распространенной оконной функции является окно Ханна

$$w_{\text{хан}}(i) = 0,5 - 0,5 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot i}{N}\right).$$

Окно Ханна, также, как и прямоугольное окно, имеет высокое разрешение. Вид окна Ханна и его характеристик представлен на рисунке Б.9. Близким по свойствам к окну Ханна является окно Хэмминга, весовая функция которого определяется как

$$w_{\text{хэм}}(i) = 0,56 - 0,46 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot i}{N}\right).$$

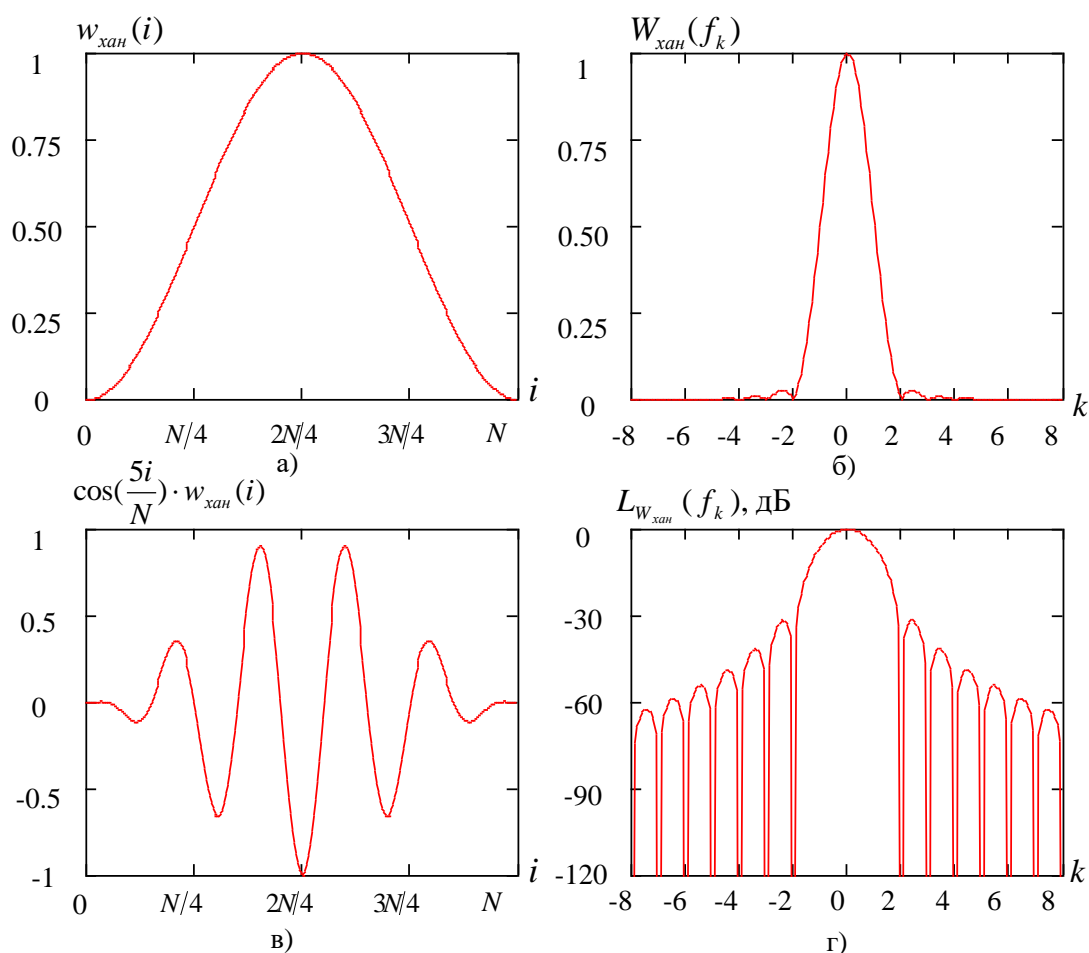


Рисунок 2 – Окно Ханна
 (а – функция во временной области, б – АЧХ, в – гармонический сигнал,
 умноженный на оконную функцию, г – ЛАЧХ)

Вид окна Хэмминга и его характеристик представлен на рисунке 4.

Наряду с перечисленными оконными функциями высокого разрешения находят применение оконные функции низкого разрешения, наиболее распространенными из которых являются окно Блэкмана-Харриса и окно с плоской вершиной. Окно Блэкмана-Харриса во временной области описывается формулой

$$w_{бх}(i) = 0,359 - 0,488 \times \cos\left(\frac{2\pi \cdot i}{N}\right) + 0,141 \cdot \cos\left(\frac{4\pi \cdot i}{N}\right) - 0,012 \cdot \cos\left(\frac{6\pi \cdot i}{N}\right).$$

Вид окна Блэкмана-Харриса и его характеристик представлен на рисунке 5.

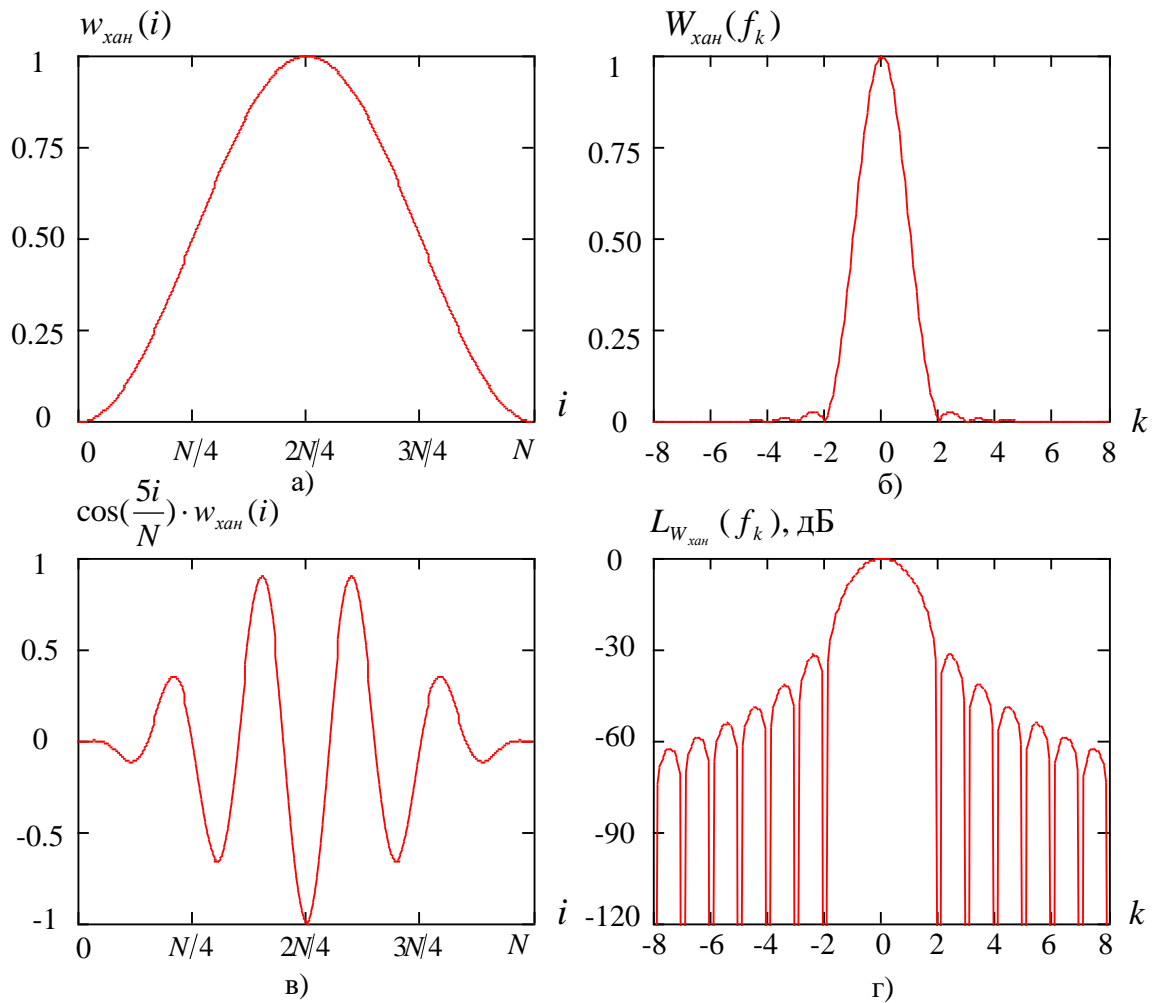


Рисунок 4 – Окно Хэмминга
 (а – функция во временной области, б – АЧХ, в – гармонический сигнал,
 умноженный на оконную функцию, г – ЛАЧХ)

Окно с плоской вершиной во временной области описывается рядом

$$w_{пл}(i) = 0,22 - 0,42 \cos\left(\frac{2\pi \cdot i}{N}\right) +$$

$$+ 0,28 \cos\left(\frac{4\pi \cdot i}{N}\right) - 0,07 \cos\left(\frac{6\pi \cdot i}{N}\right) + 0,007 \cos\left(\frac{8\pi \cdot i}{N}\right)$$

Вид окна с плоской вершиной и его характеристик представлен на рисунке 6.

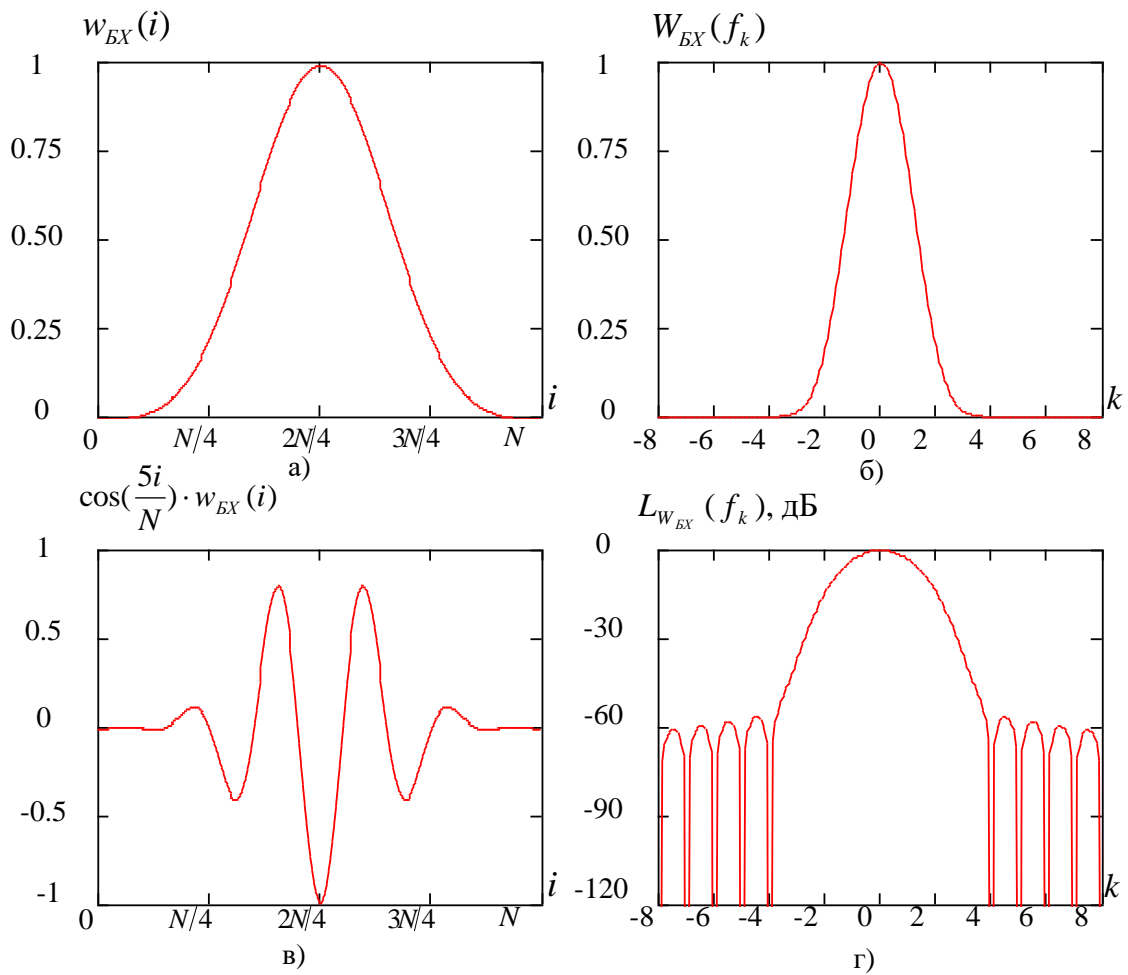


Рисунок 5 – Окно Блэкмана-Харриса
 (а – функция во временной области, б – АЧХ, в – гармонический сигнал,
 умноженный на оконную функцию, г – ЛАЧХ)

Основные характеристики, такие как максимальная величина боковых лепестков, коэффициент ослабления сигнала, ширина основного лепестка, для рассмотренных оконных функций приведены в таблице 7 [3].

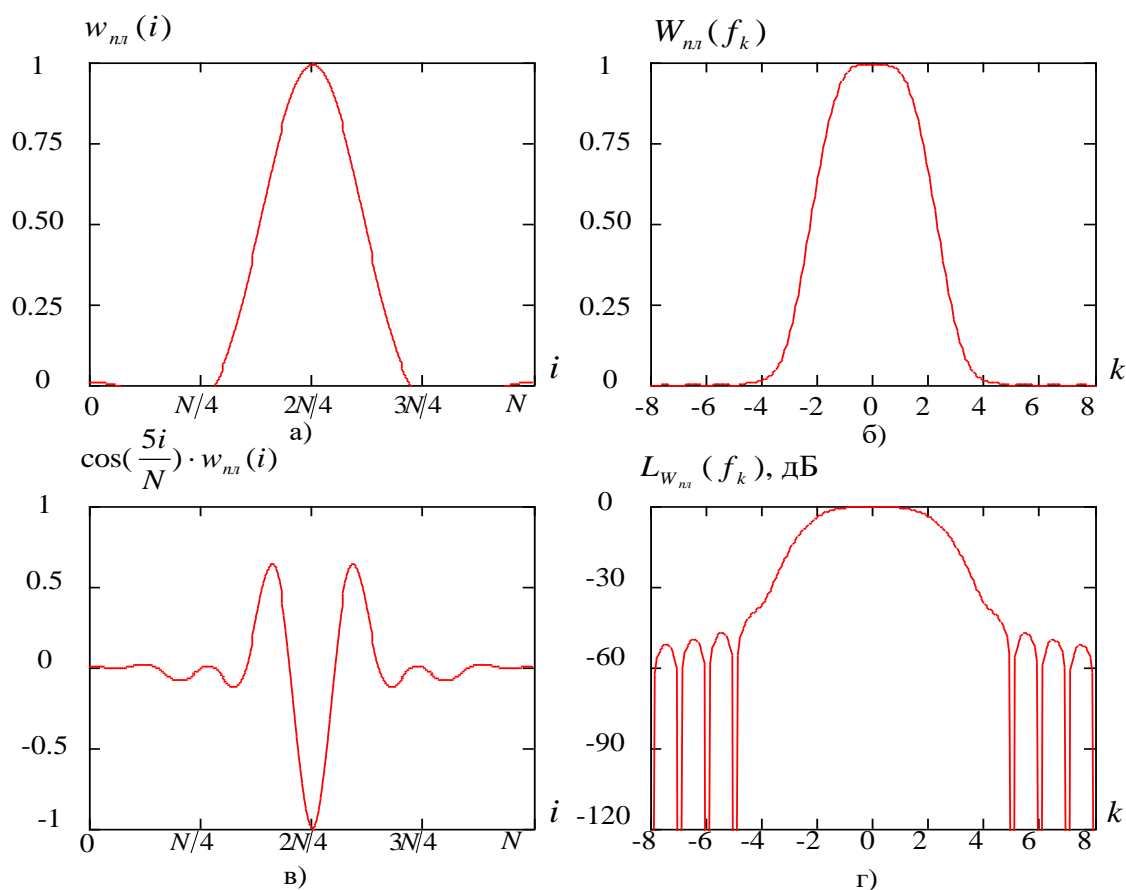


Рисунок 6 – Окно с плоской вершиной
 (а – функция во временной области, б – АЧХ, в – гармонический сигнал,
 умноженный на оконную функцию, г – ЛАЧХ)

Таблица 7

Основные характеристики оконных функций [3]

Наименование окна	Ширина основного лепестка	Ослабление сигнала	Величина боковых лепестков, дБ
Прямоугольное окно	2	1	-13
Окно Ханна	4	2	-31,5
Окно Хэмминга	4	1,86	-35,9
Окно Блэкмана-Харриса	8	2,38	-92
Окно с плоской вершиной	10	4,59	-69

Список используемых источников:

1. Овчинников А.Л., Лапшин Б.М., Чекалин А.С., Евсиков А.С. Опыт применения теческателя ТАК-2005 в городском трубопроводном хозяйстве // Известия Томского политехнического университета, 2008. -т. 312 -№ 2 - с. 196-202.
2. Цифровая обработка сигналов / под ред. А. Б. Сергиенко. – СПб. : Питер, 2002. – 608 с.
3. Теория и практика цифровой обработки сигналов. Некоторые оконные функции и их параметры [Электронный ресурс] // Библиотека цифровой обработки сигналов. – URL: <http://www.dsplib.ru/content/winadd/win.html> (последнее обращение 14.05.2014).

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

PROCEDURE FOR CALCULATING THE DURATION OF THE WEAR TEST OF GEAR GEARS WORKING IN ABRASIVE MEDIUM

*Zhuraeva G. Sh.
of Tashkent State Technical
University of Islam Karimov
Uzbekistan Tashkent*

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ИЗНОСНОГО ИСПЫТАНИЯ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ, РАБОТАЮЩИХ В АБРАЗИВНОЙ СРЕДЕ

*Жураева Г. Ш.
Ташкентского государственного технического
университета имени Ислама Каримова
Узбекистан г.Ташкент*

Annotation. In this article, the frictional concentration of active abrasive particles in the oil is constantly changing.

And the result of the penetration of a new part of abrasive particles from the environment is described as a change in their activity during closed circulation of oil in the block.

Аннотация. В этой статье концентрация активных абразивных частиц в масле, возникающая при трении, постоянно меняется.

А результат проникновения новой части абразивных частиц из окружающей среды описывается как изменение их активности при замкнутой циркуляции масла в блоке.

Keywords: friction, abrasive, gears, concentration, aggregate, wear resistance

Ключевые слова: трения, абразив, шестерен, концентрации, агрегат, износостойкость

В процессе трения за каждом цикле нагружения зубьев шестерен, концентрация активных абразивных частиц в масле агрегата постоянно меняется. Это является результатом дробления и поступления свежей порции абразивных частиц из окружающей среды. Поэтому при расчете продолжительности износного испытания зубьев шестерен необходимо учитывать закономерности изменения их активности в процессе замкнутой циркуляции масла в агрегате. Анализ состояния, данного вопроса показал, что в литературных источниках данный вопрос недостаточно освещен, в основном ограничиваются изучением процесса дробления абразивных частиц [1].

Методика расчета продолжительности износного испытания предусматривает приближении условия испытания к реальным условиям эксплуатации агрегата. Исходя из общей концентрации абразивных частиц в масле при стендовом испытании, в масла агрегата периодически порциями добавляют абразивные частицы.

Масса одной порции абразивных частиц, добавляемые в масло, при испытании на износостойкость составляет:

$$G_1 = \delta_z k_1 G_m, \text{ кг,}$$

где δ_z - изменение концентрации абразивных частиц в масле агрегата за один цикл нагружения зубчатой пары, когда в масла поступает новой порции абразивных частиц извне, %/об; G_m -количества масла, заливаемое в агрегат, кг; k_1 -количество циклов нагружения за время испытания одной порции абразивных частиц.

Продолжительность износного испытания первой порции абразивных частиц в масле агрегата составляет:

$$t_1 = \frac{G_1}{3600 n_k \delta_z G_m}, \text{ ч,}$$

где n_k - частота вращения ведомой шестерни агрегата, об/с.

Количество порций абразивных частиц, добавляемые в масла агрегата в процессе испытания на износостойкость, равно:

$$n_n = \frac{G_a}{G_1} = \frac{\varepsilon_{max}}{3600 n_k \delta_z t_1}.$$

где G_a – общее количество абразивных частиц в масле агрегата, кг.

Продолжительность испытания на износостойкость без учета соответствия концентрации активных абразивных частиц к эксплуатационным условиям агрегата:

$$t = t_1 n_n = \frac{\varepsilon_{max}}{3600 n_k \delta_z}, \text{ ч.}$$

Рассмотрим закономерности изменения концентрации активных абразивных частиц в масле агрегата после добавления каждой порции, в зависимости от количества циклов нагружения [1].

Первой порции: до дробления

$$\varepsilon_{k1} = \varepsilon_1,$$

где ε_1 - концентрация абразивных частиц в масле агрегата после добавления первой порции; после дробления,

$$\varepsilon_{k1(d)} = \varepsilon_1 (1 - B)^{k1}$$

где k_1 - количества циклов дробления абразивных частиц; B -доля раздробленных абразивных частиц в масле агрегата за один цикл нагружения ведомой шестерни,

$$B = \frac{2n_1 m d_{cp} L \gamma_m k_p}{G_m}$$

здесь n_1 - количество пар шестерен в агрегате, окунающихся в масло; m - модуль зацепления, d_{cp} -средний размер абразивных частиц, γ_m -плотность масла, k_p -коэффициент учитывающий неоднородность размера абразивных частиц в масле агрегата, G_m - количества масла в агрегате.

Второй порции: до дробления

$$\varepsilon_{k2} = \varepsilon_{k1(d)} + \varepsilon_1 = \varepsilon_1 (1 + (1 - B^{k1}));$$

после дробления

$$\varepsilon_{k2(d)} = \varepsilon_{k2} (1 - B)^{k1} = \varepsilon_1 ((1 - B)^{k1} + (1 - B)^{2k1}).$$

Аналогично n - порции: до дробления

$$\varepsilon_{kn} = \varepsilon_1 (1 + (1 - B)^{k1} + (1 - B)^{2k1} + \dots + (1 - B)^{(n-1)k1}),$$

из формулы суммы членов геометрической прогрессии имеем:

$$\varepsilon_{kn} = \frac{\varepsilon_1 (1 - (1 - B)^{(n-1)k1})}{1 - (1 - B)^{k1}},$$

после дробления

$$\varepsilon_{kn(d)} = \frac{\varepsilon_1 (1 - B)^{k1} (1 - (1 - B)^{nk1})}{1 - (1 - B)^{k1}}.$$

Для сравнения расчетной общей продолжительности испытания на износостойкость на стендовых испытаниях и в эксплуатационных условиях могут быть два нижеприведенных варианта.

1. Когда концентрация абразивных частиц в масле агрегата в конце испытания меньше, чем в эксплуатационных условиях [2], она описывается выражением:

$$\frac{\varepsilon_{kn(d)}}{(1 - B)^{k2}} = \varepsilon_k$$

где k_2 -количество, циклов нагружения ведомой шестерни агрегата, недостающих до эксплуатационного, соответствующих одному сроку замены масла в агрегате. Решив выражение (2) относительно k_2 , получим:

$$k2 = \frac{\ln \frac{\varepsilon_k}{\varepsilon_{kn(d)}}}{\ln(1 - B)}.$$

Время, затраченное на совершение k_2 циклов нагружения,

$$t2 = \frac{k2}{3600 n_k} = \frac{\ln \frac{\varepsilon_k}{\varepsilon_{kn(d)}}}{3600 n_k \ln(1 - B)}$$

Тогда общая продолжительность испытания на износостойкость будет:

$$t_{01} = t + t_2 = \frac{\varepsilon_{max}}{3600 \delta_z n_k \frac{\ln \frac{\varepsilon_k}{\varepsilon_{kn(d)}}}{\ln(1 - B)}}.$$

где ε_{max} - начальная концентрация абразивных частиц в масле агрегата, %.

2. Концентрация активных абразивных частиц в масле агрегата в конце испытания на износостойкость превышает эксплуатационную, т.е [3];

$$\frac{\varepsilon_{kn(d)}}{(1 - B)^{k3}} = \varepsilon_k$$

где k_3 - количества циклов нагружения, превышающих эксплуатационную за один срок замены масла в агрегате,

Решив выражение (2) относительно k_3 , получим:

$$k_3 = \frac{\ln \frac{\varepsilon_{kn(D)}}{\varepsilon_k}}{\ln(1-B)}$$

Время, затраченное на совершение k_3 циклов нагружения,

$$t_3 = \frac{k_3}{3600n_k} = \frac{\ln \frac{\varepsilon_{kn(D)}}{\varepsilon_k}}{3600n_k \ln(1-B)}$$

Тогда общая продолжительность испытания на износостойкость,

$$t_{o1} = t - t_3 = \frac{\varepsilon_{max}}{3600n_k \delta_z \frac{\ln \frac{\varepsilon_{kn(D)}}{\varepsilon_k}}{\ln(1-B)}}$$

1 - $\tau=0,005$ м; 2 - $\tau=0,010$ м; 3 - $\tau=0,015$ м; 4 - $\tau=0,020$ м

Зависимости на рис. 1 получены из выражений (3) или (5) при следующих исходных данных: ε_{max} ; $\varepsilon_1 = 0,16\%$; $n_k = 5$ об/с; $\varepsilon_k = 0,25\%$; $\delta_z = 6,5 \cdot 10^{-7}\%$ /об; $n_1 = 2$; $n_n = 8$; $d_{cp}=0,000012$ м; $L=0,058$ м; $\gamma_m=910$ кг/м³; $k_p=0,5$.

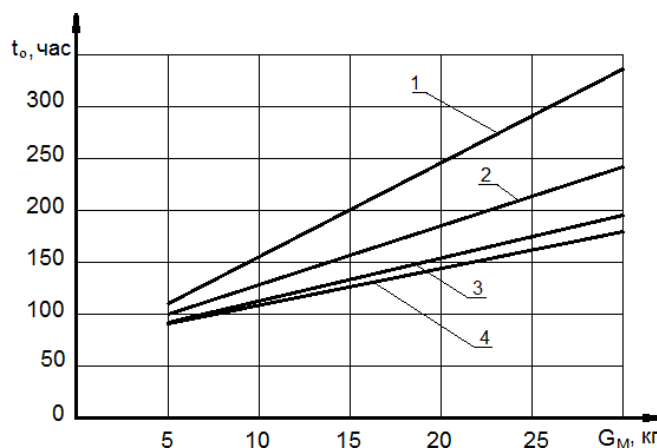


Рис. 1. Продолжительность испытания материалов зубчатых колес на износостойкость, при периодически изменяющихся концентрациях абразивных частиц, от массы заправки агрегата маслом:

Таким образом, из полученных зависимостей можно сделать вывод о том, что при стендовом испытании с периодическим добавлением абразивных частиц увеличение модуля зацепления приводит к уменьшению продолжительности испытания, в связи с увеличением доли раздробленных абразивных частиц за один цикл нагружения.

Литература

1. Иргашев А., Мирзаев Н.Н., Иргашев Д. А. Оценка износа деталей агрегатов машин по концентрациям продуктов износа в масле. Монография – Ташкент, ТашГТУ, 2012. – 160 с.
2. Икрамов У.А., Иргашев А., Махамов К.Х. Расчётная модель для оценки износостойкости зубчатых передач по концентрациям продуктов износа в масле. Ж.Трение и износ. 2003. Том 24, № 6. С 620-625
3. Ямпольский Г.Я., Крагельский И.В. Исследование абразивного износа элементов пар трения качения. М.: Наука. 1973 - 63 с.

SURFACE DEFECTS ON LARGE FORGINGS.

*N. Makhmudova
senior teacher
of Tashkent State Technical
University of Islam Karimov
Uzbekistan Tashkent*

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ДЕФЕКТЫ НА КРУПНЫХ ПОКОВКАХ.

*Махмудова Н.
старший преподаватель
Ташкентского государственного технического
университета имени Ислама Каримова
Узбекистан г.Ташкент*

Annotation. The article suggests the quality of forgings made from ingots, the quality of the ingot itself is influenced by the quality. Individual defects of the ingot can be corrected by forging, for example, weld the looseness formed during solidification of the ingot, and change the microstructure.

Аннотация. В статье предложена качество поковок, на изготавливаемых из слитков, оказывает влияние качество самого слитка. Отдельные дефекты слитка удается исправить ковкой, на пример, заварить рыхлоты, образовавшиеся при затвердевании слитка, изменить микроструктуру.

Ключевые слова: термомеханических, мартеновских печах, эксперимент, конфигурации, микроструктура, деформации

Keywords: thermomechanical, open-hearth furnaces, experiment, configuration, microstructure, deformation

На качество поковок, на изготавливаемых из слитков, оказывает влияние качество самого слитка. Отдельные дефекты слитка удается исправить ковкой, на пример, заварить рыхлоты, образовавшиеся при затвердевании слитка, изменить микроструктуру и т.д. Этим повышаются механические свойства ковального металла по сравнению с литым.

Многие дефекты слитка не удаляются ковкой и переходят в в поковку. К ним можно отнести химическую неоднородность, неметаллические включения, механические повреждения слитка (трещины, рванины) и др.

Качество поковок зависит также и от термомеханических условийковки, основными из которых являются степень и температура деформации и напряженное состояние.

В настоящей работе рассматривается влияние конфигурации стального слитка и величины обжатий на качество крупных поковок. Качество поковки следует оценивать не только с точки зрения механических свойств вдоль и поперек волокна, необходимо также учитывать состояние поверхности поковки.

При ковке крупных поковок одним из самых основных дефектов являются поверхностные трещины и рванины [1]. Дефекты такого рода приходится удалять при помощи огне резов или пневматическими зубилами. Это приводит к усложнению технологического процессаковки и повышению себестоимости продукции. В данном случае качество поковок оценивалось по имеющимся поверхностным дефектам.

На рисунке приведены результатыковки прокатных валков на стали 55Х, 50ХН, 60ХН и штамповых кубиков из стали 5ХНВ.

Поковки по весу разбиты на 4 группы:

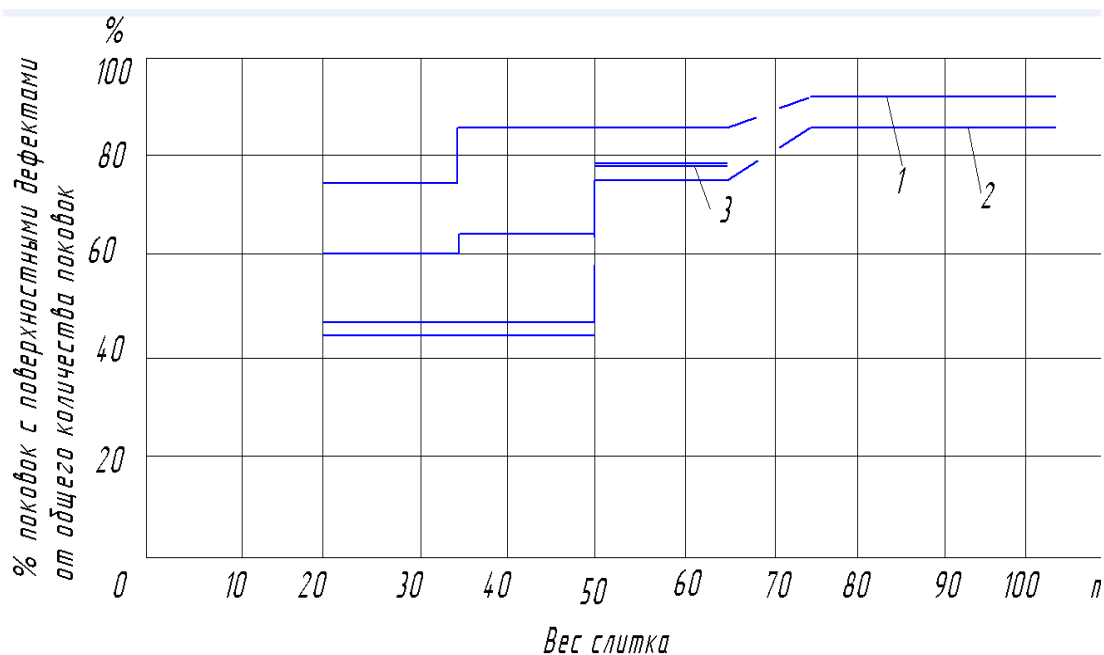
I группа 20 – 35 т III » 50 – 65 «

II » 36 – 45 » IV » 6 – 105 »

Кривая для стали 55 построена на основании изготовления 364 поковок, а для стали 50ХН, 60ХН и 5ХН – соответственно 441 и 366 поковок.

Технологияковки прокатных валков сводилась к следующему.

Валки с гладкими шейками весом до 35т ковали за два выноса из восьмигранных слитков, выплавленных в основных мартеновских печах. Отношение высоты слитка к среднему диаметру не превышало 1,5 – 2; прибыльная часть составляла 18 - 20% и донная 3,5 - 6,5%. У слитка, нагретого до 1220⁰, заделывалась прибыль под патрон, производилась биллетировка; затем слиток рубился со стороны поддона.



Зависимость между весом слитка и количеством поверхностных дефектов на крупных поковках из стали:
1 - 55Х; 2 – 50ХН; 3 – 5ХНВ.

до 1220⁰, заделывалась прибыль под патрон, производилась, биллетировка; затем слиток рубился со стороны поддона. После второго нагрева биллет осаживался до размеров, обеспечивающих коэффициент уковки, равный приблизительно 3, затем биллет протягивался на размер несколько больший диаметра бочки валька. Закатывалась и протягивалась цапфа с данной части. Проковывалась в размер бочка, оттягивалась цапфа с усадочной части. Обрубались излишки.

Из слитков весом более 35 т ковались валки для блюминга, которые имеют более сложную конфигурацию. Эти валки ковались за 4 выноса. За первый вынос производилась биллетировка, за второй осадка и протяжка. Два последних выноса необходимы были для оформления конфигурации валька.

Из рисунка видно, что большинство поковок имело поверхностные дефекты (в среднем 74%). При этом с увеличением веса слитка увеличивается количество поверхностных дефектов. В таблице приведены данные о количестве поковок, у которых поверхностные дефекты обнаружены во время биллетировки, т.е. когда слиток еще не деформировался. Следовательно, наличие этих дефектов связано с качеством слитка. Дефекты этого вида обнаруживаются у 40-50% тяжелых слитков.

Количество слитков с дефектами, обнаруженными при биллетировке.

Вес слитков в т	Сталь 55Х			Сталь 50ХН и 60ХН			Сталь 5ХНВ		
	Всего слитков в шт	Слитков с дефектами		Всего слитков в шт	Слитков с дефектами		Всего слитков в шт	Слитков с дефектами	
		в шт.	в %		в шт.	в %		в шт.	в %
До 35	278	36	13	218	41	18	288	12	4
36-49	34	6	17	30	4	13	61	3	5
50-65	42	11	26	133	51	38	17	9	53
76-105	10	4	40	30	14	47	-	-	-
Всего	364	57	15	411	110	27	366	24	6,7

Учитывая влияние качества стального слитка на качество поковок, конфигурацию слитка изменили¹. Слитки весом 20 т отливали в изложницу с повышенной конусностью. Новый слиток имел конусность 5⁰ на сторону, поэтому в отличие от ранее принятого он был несколько меньшим по высоте и имел большее поперечное сечение у прибыли. Такая конфигурация, по мнению авторов, должна была несколько изменить направление кристаллизации, уменьшить усадочные рыхлоты и привести к большей однородности по химическому составу, т.е. повысит качество слитка.

Экспериментальная ковка 13 таких слитков подтвердила предположения об их качестве. Только шесть поковок имели поверхностные трещины. При этом на одном из них была продольная трещина, получившаяся в результате резкого охлаждения при транспортировке слитка из мартеновского цеха в прессовый. Не считая этот слиток, только 38, 5% поковок имели поверхностные дефекты вместо 74% поковок из слитка данного веса прежней формы.

Установление влияния режимов обжатий при ковке на количество поверхностных дефектов производилось на поковок типа прокатных валков, изготовленных из стали 55Х весом 20-30 т.

Кузнечные операции при изготовлении прокатных валков можно разделить на следующие группы:

- а) подготовительные операции – закатка цапф и биллетировка;
- б) осадка;
- в) протяжка после осадки и оформление конфигурации валка.

Изменять режим обжатий для поковок данного типа можно лишь на подготовительных операциях.

Осадку осуществляется для увеличения сечения биллета, чтобы получить соответствующий коэффициент уковки ($K=3 \div 4$) и обеспечить надлежащие механические свойства в соответствии с техническими условиями на поковку. Изменение или исключение данной операции неизбежно приведет к нарушению технических условий на данную поковку.

Операцию по оформлению конфигурации поковок тоже нельзя изменить из-за невозможности получения необходимых размеров.

Изменять режим обжатий при ковке прокатных валков можно лишь при биллетировке. Режим обжатий при биллетировке были изменены в одном случае в сторону их уменьшения, а в другой – увеличения.

Уменьшит обжатия оказалось возможным обкаткой граней с сохранением конусности биллета, равной конусности слитка. Обжимались только ребра слитка, а обычная биллетировка с уменьшением поперечного сечения слитка не производилась. В результате этого обжатия по всей поверхности слитка были одинаковыми и в головной части меньшими, чем это предусмотрено обычной технологией. Конусная биллетировка производилась на 10 слитках весом от 20 до 33,8 т. В пяти случаях при ковке были обнаружены поверхностные дефекты, что составляет 50% всех поковок, изготовленных указанным способом. Из них на трех поковках дефекты выявились на первой операции; эти дефекты появились также из-за плохого качества слитка. С учетом всех поковок, имеющих дефекты, при ковке с конусной биллетировкой количества поверхностных дефектов снизилось на 24%.

Аналогичные результаты получены при ковке прокатных валков такого же веса из стали 50. Конусная биллетировка позволила снизить количество поверхностных дефектов на 15,5%. Этот результат совпадает с данными М.Г. Златкина [2].

Другую партию слитков ковали при биллетировке с повышенными обжатиями. Биллет ковали цилиндрическим с диаметром на 160-200 мм меньшим диаметра окружности, вписанной в нижнее сечение слитка. Увеличение обжатий на данной операции существенно не улучшило качества поверхности поковок. Видимо, с повышением обжатий на биллетировке не происходило заметного повышения механических и пластических свойств металла в поверхностных слоях слитка, а происходило нарушение поверхности слитка краями бойков.

Можно сделать предположение о возможностиковки крупных поковок без биллетировки. Однако такое предположение требует дальнейшего экспериментального подтверждения.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

- 1) Увеличение конусности слитка обеспечивает повышение качества поверхности поковок;
- 2) Уменьшение обжатий при биллетировке и применение конусных биллетов способствует снижению количества поверхностных дефектов на поковках.

Литература

1. Технология прокатного производства. В 2 кн. Кн. 1: справочник / М.А. Беляковский, К.Н. Богоявленский, А.И. Виткин. - М.: Металлургия, 1991. - 440 с.
2. Семенов Е.И. Ковка и горячая штамповка: учебник / Е.И. Семенов. - М.: МГИУ, 2011. - 414 с.
3. Бочаров Ю.А. Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для вузов / Ю.А. Бочаров. - М.: Академия, 2008. - 480 с.
4. Миропольский Ю.А. Холодная объемная штамповка на автоматах / Ю.А. Миропольский. - М.: Машиностроение, 2001. - 456 с.
5. Технология листовой штамповки: учеб. пособие / В.И. Бер, С.Б. Сидельников, Р.Е. Соколов, Е.В. Иванов. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. - 168 с.

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

DETERMINATION CLASS OF THE COMPRESSES OF A COMPRESSION KNITTED GOODS AND EVALUATION OF THEIR UNCERTAINTY

Khamdamov Bakhrom, Abduvohid Mamajanov

¹Senior teacher, Andijan Machine-Building
Institute, Uzbekistan

²Head of department, Andijan Machine-Building
Institute, Uzbekistan

Abstract. This article discusses one of the issues of assessing the quality of a compression medical jerseys - this gives determining their compression class, as well as the accuracy characteristics (uncertainties) of the test results.

Keywords: class, compression, knitwear, elongation, working, breaking load, surface density, uncertainty.

Relevance of work

Despite the relevance and topicality of the issue, relating to the determination of the compression class of a compression medical jersey (further - product compression class) and estimation of the uncertainty of the research results, at this time there are practically no works devoted to the issue of uncertainty estimation.

Purpose of work

In this regard, we considered the development of a program for determining the compression class of a medical device and assessing the uncertainty of research results in accordance with international requirements.

Statement of the main material

The compression class of the product, as you know, is determined by such technical characteristics as: elongation, working elongation, breaking load and surface density [1].

Working elongation and breaking load are determined experimentally [1, p.6.6]. Elongation L_p and surface density P of the product are determined respectively by formulas (1) and (2). [1, p.6.5.5.1]

$$L_p = L_{p,mm} \cdot C \quad (1)$$

$$\Pi = 10^6 \cdot \frac{m}{l \cdot b} \quad (2)$$

Here,

L_p – elongation, %,

$L_{p,mm}$ – elongation, mm,

C – recount coefficient, equal 10^6 ,

Π – surface density, g/m^2

m , l , and b – weight, length and width of the strip.

Further, according to the experimentally obtained values of elongation, working elongation, breaking load, surface density and the requirements given in table 6 of the standard [1], determine the compression class of highly elastic medical and preventive hosiery and sleeves

It is advisable to determine the compression class of the product using a software product. The simplest implementation of this kind of programs is the program that we are developed in the Excel environment (Table 1).

Depending on the results of comparisons of values which obtained experimentally with the requirements of the standard [1], in one of the cells H32: L32 (Table 1) appears a Roman numeral, that corresponding to the compression class of the goods (with positive results of comparisons), otherwise in cells I33: L33 may appear information on non-compliance of the product with the requirements of standard [1] in the form of "<30%", "<49.0 N", "<120%", "<40 g / m²".

The experimentally received results of the mass m , length l , and width b of the strips, working elongation X_1 , breaking load X_2 and elongations X_3 (hereinafter - input values X_j (BxB)) of the tested product is introduced respectively by typing their values into cells C4: E8, J4: L8 Table 1.

Estimates (arithmetic mean values) of the input quantities, with the number of their observations $n_j > 1$, are determined by the well-known formula and are reflected in cells C9: E9, J9 and L9.

The program that we developed also allows to automate the process of evaluating accuracy characteristics, in particular, the uncertainty of the results of measuring mass m , length l , and width b of strips, original length L_0 , extensibility, working extensibility $L_{p, mm}$ and breaking load, surface density and as a result, the uncertainty determining the compression class of the tested product.

Estimation of the uncertainty of results of test products, especially for medical destination, is a requirement of the international standard ISO/IEC 17025: 2005 [2] and identically to it state standard of the Republic of Uzbekistan O'z DSt ISO / IEC 17025 [3]

Tab. 1.

The program for determining the compression class of the product and their uncertainties										
A	B	C	D	E	F	H	I	J	K	L
2	n _i	x _j			y ₁ , g/m ²	2	Definition of Compression Class			
3		m _i , g	l _i , mm	b _i , mm		3	n _i	x ₁ , %	x ₂ , N	x ₃ , %
4	1	3,5	101	101	343,1	4	1	35	198	133
5	2	3,6	101	102	349,4	5	2	38,9	195	130
6	3	3,4	101	100	336,6	6	3	42	197	131
7	4	3,6	100	99	363,6	7	4	45	196	132
8	5	3,7	102	101	359,2	8	5	47,6	195	133
9	x _{cp}	3,56	101	101	350	9	x _{cp}	41,7	196,2	131,8
10	u _A (x _j)	0,05	0,3	0,5	5	10	u _A (x _j)	2,2	0,6	0,6
14	u _B (x _j)	0,3	0,6	0,6		14	u _B (x _j)	0,8	0,8	0,8
15	u(x _j)	0,3	0,7	0,8	1,1	15	u(x _j)	2,4	1,0	1,0
16	c _j =∂f/∂x _j	98,4	3,5	3,5		16	c _j =∂f/∂x _j	3,161	0,672	1,000
17	c _j ·u _A (x _j)	5,0	1,1	1,8		17	c _j ·u _A (x _j)	7,015	0,392	0,583
18	c _j ·u _B (x _j)	0,294	0,648	0,648		18	c _j ·u _B (x _j)	0,819	0,819	0,819
19	r(m, l)	0,310				19	r(x ₁ , x ₂)	-0,626		
20	r(l, b)		0,620			20	r(x ₂ , x ₃)		0,324	
21	r(m, b)	0,231				21	r(x ₁ , x ₃)	0,174		
22	t _p (U _{eff})	2,776	P=	0,95		22	t _p (U _{eff})	2,776	P=	0,95
26	u _{cA} (y ₁)				5	26	u _{cA} (y ₁)		0	9
27	u _{cB} (y ₁)				1,0	27	u _{cB} (y ₁)		0	1,7
28	u _c (y ₁)				6	28	u _c (y ₁)		0	9
29	v _{eff}				4	29	v _{eff}			4
30	U determination of surface density				15	30	U definition of compression class			25
31	Writing a measurement result, g/m ²					31	compression class			
32	350	±	15	P=	0,95				III	
33						33	<30	<49,0	<120	<40

The implementation of these requirements of the standards is carried out on the basis of the use of the "Guidelines for the expression of uncertainty of measurement" (GUM: 1993) [4]. As a rule, these requirements cause certain difficulties for laboratory personal.

Given these circumstances, the program we are considering, along with the definition of the compression class, includes questions of estimating the uncertainty of test results.

The program we are considering determines the **standard uncertainties (SU)** of the measurement results **m_i**, **l_i**, **b_i**, working elongation **x₁**, breaking load **x₂** and elongation **x₃** by types A and B.

Type B uncertainties are estimated taking into account: weighing errors (±0.01 g), measurements (± 1%), calculations (± 0.1), rounding, and also the division error of the measuring instruments and setting the distance between the clamps [1].

The program further calculates the sensitivity coefficients $\partial f / \partial x_j$, $\partial f / \partial x_L$ of the BxB estimates for the changes in the BxB estimates **x_j** and **x_L**, the contribution of the SU BxB on the total standard uncertainty (TSU) of

type A and type B, correlation coefficients (CC) between BxB and evaluates their significance using criteria of coefficient student.

After determining all the components of the measurement uncertainty are estimated their *total standard uncertainty* $u_c(y)$ in accordance with the law of propagation of the uncertainty [4].

Next, the expanded uncertainties of the measurement results (cells F30 and L30) are calculated as

$$U = k \cdot u_c(y)$$

Here,

k - is the coverage coefficient, defined as the student coefficient for the effective number of degrees of freedom v_{eff} , calculated by the formula of Welch-Sutterswaite.

$$v_{eff} = (n - 1) \left(1 + \frac{u_B^2(y)}{u_A^2(y)} \right)^2$$

Compilation of the budget of uncertainty. To analyze the results obtained, they are presented in the form of an uncertainty budget (Table 2), which includes a list of all the inputs and their estimates along with the standard measurement uncertainties, sensitivity coefficients and degrees of freedom, the measurement result, the total standard uncertainty, and the effective number degrees of freedom, coverage of coefficient and expanded uncertainty.

Table 2.

Uncertainty Budget								
Value and her unit X_i	Rating, X_i	A type uncertainties	Distribution probabilities	Standard and \sum uncertainty $u(x_i)$	the degree of freedom v	Coefficient sensitivity c_i	Contribution uncertainties	Share in percents, %
Input values, X_i								
m, g	3,56	Type A	normal	0,3			5,027	83
l, mm	101	Type A	normal	0,7			1,274	5
b, mm	101	Type A	normal	0,8			1,891	12
x_1, %	42	Type A	normal	2,4			7,063	61
x_2, N	196,2	Type A	normal	1,0			1,059	1
x_3, %	131,8	Type A	normal	1,0			1,005	1
Output Values, Y_i								
y_1, g/m²	350,4	Type A	normal	6	4	1	2,776	9
KK	III	Type A	normal	9	4		Coverage rate	expanded uncertainty
							2,776	25

From the analysis of the uncertainty budget, it follows that the total standard uncertainty in estimating the compression class and surface density of the product is mainly due to the (83%) standard uncertainty in measuring the mass of the test strip.

Conclusion

1. We offer testing laboratories to use a program that allows you to automate the process of assessing the quality of compression medical jerseys - this gives determining their compression class and the uncertainty of test results.

2. To improve the quality of determining the compression class and reduce the uncertainty of test results, first of all, increase the accuracy of measuring the mass of the test strip.

3. In accordance with the requirements of standards [2, 3] and GUM Guidelines [4], test uncertainty ratings must be indicated in test certificates.

List of references

[1] GOST 31509:2012 Medical elastic manufactured articles for the fixation and compression. General technical requirements. Test methods.

[2] ISO/IEC 17025:2005 General requirement for the competence of testing and calibrating laboratories.

[3] O'z DSt ISO/IEC 17025:2007 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. (ISO/IEC 17025:2005, IDT)

[4] Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. ISO, Geneva, First Edition. - 1995 -101 p.

ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

Боканова Алия Абылгазиевна
ассоциированный профессор, доктор технических наук

Матаев Умирбек Матаевич
доцент, кандидат технических наук
Евразийский технологический университет
г. Алматы, Республика Казахстан

Есенгабылова Нургулипа Жансеркеновна
старший преподаватель,
Казахский национальный аграрный университет.
Алматы, Республика Казахстан

Курпенов Бахыт Касымович
доцент, Алматинский университет энергетики и связи
г. Алматы, Республика Казахстан

Критическая экологическая ситуация, сложившаяся в республике (практически на 100% территории), требует решения острой проблемы в обеспечении населения доброкачественной питьевой водой, продуктами питания и улучшения воздушной среды. В сельских населенных пунктах более 60% населения используют недоброкачественную питьевую воду (шахтные колодцы, открытые водоемы), последние имеют высокую бактериальную, химическую и органическую загрязненность. По данным исследований НИИ гигиены и профзаболеваний МЗ РК в регионах биогеохимических провинций в основных объектах окружающей среды (вода, воздух, пищевые продукты) содержание тяжелых металлов превышает ПДК в 2 – 3 раза, в биосубстратах человека отмечается превышение их физиологических норм.

Это привело к тому, что более 60% населения Акмолинской, Петропавловской, Кызыл–Ординской, Атырауской, Актауской, Актюбинской областей имеют заболевания желудочно–кишечного тракта, сердечно–сосудистой системы.

Наиболее распространенным способом обеззараживания питьевых и сточных вод является хлорирование и, в гораздо меньшей степени, ультрафиолетовое облучение, радиационная обработка и озонирование. Однако хлорирование, ультрафиолетовая и радиационная обработка воды имеют ряд известных недостатков. Так, при взаимодействии хлора с водой, загрязненной органикой, образуется значительное количество хлоросодержащих углеводородов, обладающих канцерогенной активностью.

Настойчивые исследования американских ученых за последние годы позволили определить, что раковые опухоли кишечника, мочевого пузыря вызываются хлором. Кроме того, окисление хлором металла трубопроводов увеличивают мутность воды. Некоторые авторы указывают на ряд преимуществ применения озона для обеззараживания вод по сравнению с хлором. Озонирование сточных вод позволяет удалить ПАВ, органические растворители и красители, фенолы и нефтепродукты, цианиды и сульфиды, ионы тяжелых металлов и другие химические соединения. Озонирование питьевой воды одновременно с обеззараживанием улучшает вкусовые качества, устраняет неприятный запах и цвет воды [1, с.3].

Озон отличается большим разнообразием реакций, в которые он вступает, и легкостью, с которой они протекают. Озон, как мощный окислитель, способен интенсифицировать многие химико – технологические процессы. Общеизвестна озонная технология глубокой очистки промышленных газовых тепловых станций, что защищает воздушный бассейн от загрязняющих его окислов азота и серы. Из этого следует, что озон является единственным широкодоступным и экологически чистым окислителем, не имеющим конкурентов.

Жидкие отходы не только загрязняют природные водные ресурсы токсичными ионами металлов (медью, цинком, свинцом, мышьяком, кадмием и др.), но и могут являться дополнительным источником их получения.

Материал и геометрические параметры электродов влияют на размер пузырьков газа. Замена пластинчатых электродов на проволочную сетку приводит к уменьшению крупности пузырьков и, следовательно, к повышению эффективности очистки воды [2 с.75].

Озон обладает высокой окислительной способностью и при нормальной температуре разрушает многие органические вещества, находящиеся в воде. При этом процессе возможно одновременное окисление примесей, обесцвечивание, дезодорация, обеззараживание сточной воды и насыщение ее кислородом. Преимуществом этого метода является отсутствие химических реагентов при очистке сточных вод. Растворимость озона в воде зависит от рН и количества примесей в воде. При наличии в воде кислот и солей растворимость озона увеличивается, а при наличии щелочей - уменьшается. Озон самопроизвольно диссоциирует на воздухе и в водном растворе, превращаясь в кислород. В водном

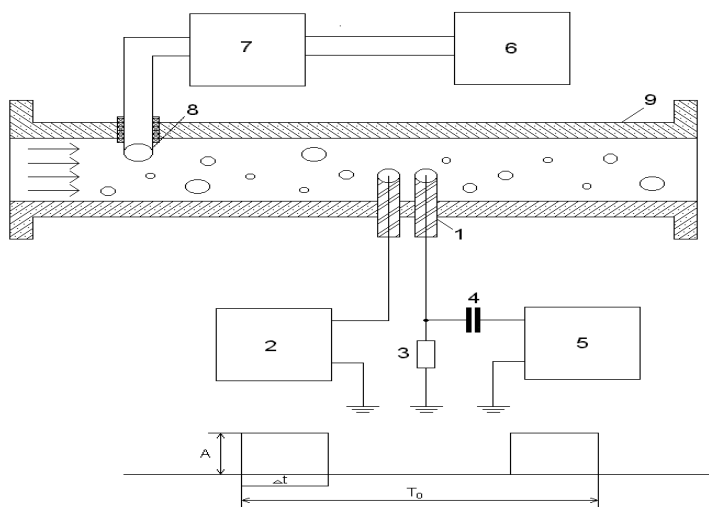
растворе озон диссоциирует быстрее. С ростом температуры и рН скорость распада озона резко возрастает. Озон можно получить разными методами, но наиболее экономичным является пропускание воздуха или кислорода через электрический разряд высокого напряжения (5000-25000 В) в генераторе озона (озонаторе), который состоит из двух электродов, расположенных на небольшом расстоянии друг от друга [3, с.3].

Смешение очищаемой воды с озонированным воздухом может осуществляться различными способами: барботированием воды через фильтры, дырчатые (пористые) трубы, смешением с помощью эжекторов, мешалок и т.д.

Чтобы увеличить время контактирования озона с очищаемой сточной водой и облегчить условия его растворения, озонирование следует проводить в две ступени. Озон при транспортировке к месту ввода имеет тенденцию к разложению, в связи с чем коммуникации озono-воздушной смеси должны быть максимально короткими. Наиболее подходящим материалом трубопроводов для озono-воздушной смеси является стекло. Оптимальное время транспортировки по стеклянному трубопроводу 6-8 мин, по трубопроводу из нержавеющей стали 4-6 мин [2, с.75; 4, с.34].

Предлагалось устройство, обеспечивающее ведение процессов очистки и обеззараживания водной среды озонem в оптимальном режиме, то есть в этом случае процессы образования озона и взаимодействия его с обрабатываемой средой объединены и протекают одновременно в рабочей зоне водоструйного насоса. При этом эффективность применения озона существенно повышается из-за отсутствия действия по доставке и транспортировке озона к рабочему месту [5, с.78]. Перед подачей сточной воды на озонаторную установку ее очищают от эмульгированных масел и нефтепродуктов.

Разработка методов контроля для определения количества пузырьков газа и степени их насыщенности в нефтесодержащих жидкостях имеет большое значение для выбора оптимального режима взаимодействия озона с обрабатываемой жидкостью и в целом, ведет к повышению эффективности технологического процесса при обработке озонem нефтесодержащих сточных вод. На рисунке 1 представлена функциональная схема устройства для контроля пузырьков газа в потоке нефтесодержащей жидкости, протекающей в трубопроводе [2 с.75; 5, с.226].



а) Схема расположения электролизного датчика в трубопроводе

б) Диаграмма импульсов электролизного тока на нагрузке. A -амплитуда импульсов; Δt - длительность; T_0 - период импульсов.

Рисунок 1 – Функциональная схема устройства для контроля пузырьков газа в трубопроводе

Устройство содержит электролизный датчик 1, состоящий из двух электродов, источника питания с регулируемым напряжением на выходе 2, нагрузочный резистор 3, разделительную емкость для снятия импульсных сигналов 4 и измеритель частоты и коэффициента заполнения импульсов 5. Атмосферный воздух с помощью компрессора 6 продувается через озонатор 7 и при прохождении его через диск пергамент 8 образует пузырьки озонированного воздуха в жидкости в трубопроводе 9. Кроме того, на рисунке приведена диаграмма импульсов электролизного тока на нагрузке 3.

При подаче достаточного потенциала между электродами в электропроводящей жидкости (нефтесодержащие сточные воды) создаются условия для возникновения постоянного электролизного тока между электродами, который не оказывает влияние на показания измерительных приборов на выходе.

При подходе пузырька газа к электродам, и протыкании одного из них наблюдается резкое прекращение электролизного тока, приводящее к появлению импульсов тока на нагрузочном резисторе с амплитудой A . При этом длительности импульсов тока (Δt) определяются «временем нахождения», пузырьков газа на том или на другом измерительном электроде, причем это «время нахождения» пузырьков газа, в свою очередь, зависит от размеров пузырьков и скорости продвижения их в потоке. Для определения количества пузырьков газа за единицу времени, протекающих через заданную (локальную) область жидкости, где расположены измерительные электроды, измеряют частоту импульсов тока на нагрузочном резисторе. Следует отметить, что влияние на точность измерения размеров пузырьков газа и изменения скорости их продвижения в потоке минимально, так как появление пузырьков газа в области расположения электродов фиксируется только на чале фронта прекращения электролизного тока между электродами [2, с.75].

К другой количественной характеристике пузырьков газа в жидкости относится степень насыщенности (газосодержание) потока пузырьками газа, которая определяется через измерение коэффициента заполнения импульсов электролизного тока, что равносильно определению отношения длительности импульсов (Δt) к интервалу T_0 (периоду) повторения их в долях единицы. Так как длительности импульсов и их повторение в одинаковой степени определяются скоростью жидкости в потоке, то при измерении их отношений влияние скорости движения пузырьков газа взаимно исключается.

Следует отметить, что предложенный авторами, импульсный метод является достаточно универсальным: изменения состава жидкости или их скорости потока не влияют на конечный результат, выбор значения начального электролизного тока также не существен, во всех случаях тарировка измерительного датчика не требуется. Между тем, необходимым критерием условия работы способа является существование различия электропроводностей жидкости в потоке и газа или воздуха в пузырьке. Определение количества пузырьков газа и степени их насыщенности в различных направлениях и сечениях потока обеспечивается применением серии парных электродов, что в целом решает вопросы непрерывного контроля и автоматизации процессов измерения. Опытные испытания устройства показали, что размеры всплывающих пузырьков колеблются от 0,2 до 0,6 см и протыкания их острий игл измерительных электродов также происходят неравномерно. Между тем, счет импульсов тока, то есть количество пузырьков воздуха, производится достаточно устойчиво, причем влияния на результаты измерения качества пузырьков воздуха и неравномерности их прохождения через измерительные электроды незначительны. Для пузырьков воздуха, всплывающих в воде, с размерами от 0,2 до 0,6 см получены соответственно длительности импульсов тока от 0,63 до 0,109 (мс). Полученные длительности импульсов соответствуют расчетным значениям по известным формулам для всплывающих пузырьков. Из гидродинамики известно, что всплывающие пузырьки воздуха и пузырьки в ламинарном потоке жидкости не отличаются друг от друга, не считая их скоростей движения. Ввиду того, что используется импульсный метод регистрации, то устройство для осуществления данного способа для случая высоких скоростей продвижения пузырьков газа в потоке может быть обеспечено аппаратурой более высокой чувствительности и быстродействия.

Полагая, что всплывающий пузырек сохраняет сферическую форму, запишем выталкивающую его архимедову силу F_a , которая обусловлена различием плотностей жидкости ρ_1 и газа в пузырьке ρ_2 . Она определяется известной формулой:

$$F_0 = \frac{4}{3} \pi R^3 (\rho_1 - \rho_2) g \approx \frac{4}{3} \pi R^3 \rho_1 g,$$

где R - радиус пузырька, g - ускорение свободного падения, также учтено

$\rho_2 \ll \rho_1$. При этом скорость всплывания пузырька должна зависеть от того, как движется жидкость и от ее физических свойств, и в первую очередь от ее вязкости η .

Исследуя свойства пузырьков газа в жидкости, авторы задалась целью получения озона в пузырьке.

Многолетние исследования привели к разработке устройства для получения озона в пузырьке газа в жидкости, в котором металлическая игла, служащая в качестве коронирующего электрода, расположена в центре отверстия в направлении поступающего воздуха, а ее оголенный кончик находится на уровне образования пузырька газа, причем оно содержит генератор высоковольтных импульсов со схемой запуска [6].

В разработанном устройстве, газовые пузырьки образуются при продувке атмосферного воздуха через отверстие, расположенного на дне емкости с обрабатываемой жидкостью. При этом создаются такие условия, когда наиболее вероятно образование одинаковых по размерам пузырьков газа в жидкости. Если в случае не образования, роста и отрыва пузырьков газа с твердой поверхности, например, при электролизе, действуют различные силы (силы прилипания, архимедова сила и др.), то в нашем случае, размеры пузырьков газа и их частота появления будут зависеть в основном от значения диаметра отверстия и величины избыточного давления продуваемого воздуха. При подаче воздуха через отверстие образующийся газовый пузырек соединен с верхней кромкой отверстия шейкой. Максимальный размер пузырька определяется условием равновесия подъемной силы и силы поверхностного натяжения. Считая пузырёк сферическим, получаем

$$\frac{4}{3} \pi r^3 g (\rho_{ж} - \rho_{г}) = 2 \pi r_0 \sigma, \quad (1)$$

где r – радиус сферического пузырька (м); g – ускорение свободного падения (10 м/с^2); $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости (воды 10^3 кг/м^3); $\rho_{\text{г}}$ – плотность газа (воздуха 1.29 кг/м^3); r_0 – радиус отверстия (м); σ – поверхностное натяжение (воды $73.26 \cdot 10^{-3} \text{ н/м}$).

Отсюда

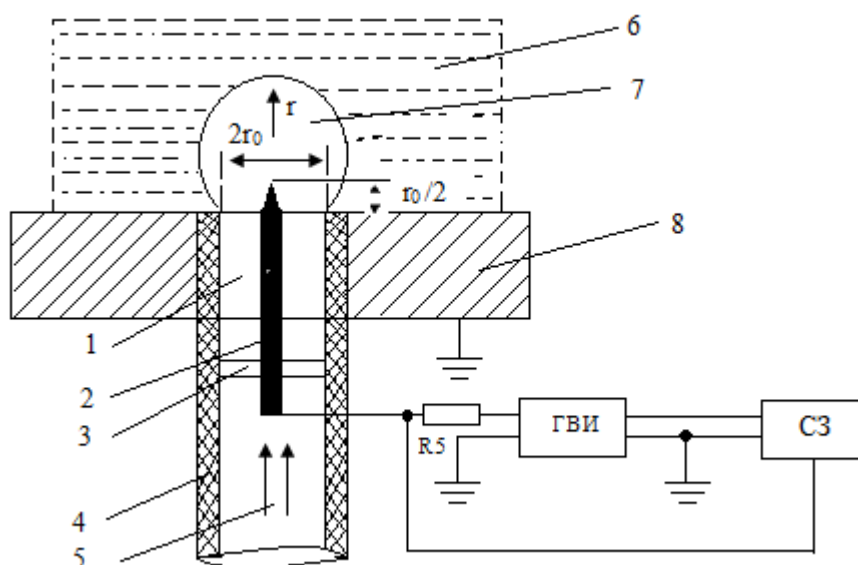
$$r = \sqrt[3]{\frac{3\sigma r_0}{2g(\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{г}})}} \quad (2)$$

С опытными данными лучше согласуется следующее выражение, отличающееся от (2) лишь числовым коэффициентом

$$r = \sqrt[3]{\frac{\sigma r_0}{g\rho_{\text{ж}}}} \quad (3)$$

в записанной формуле учтено, что $\rho_{\text{г}} \ll \rho_{\text{ж}}$.

Следует отметить, что выражение (3) не учитывает инерционных сил, обусловленных динамическим воздействием потока газа, вытекающего из отверстия, т.е. оно справедливо при малой скорости образования пузырьков [7, 486]. На рисунке 2 представлена функциональная схема устройства, которое обеспечивает получение озона в пузырьке газа в электропроводящих жидкостях. Устройство содержит следующее: 1 – отверстие, расположенное



1 – отверстие, расположенное на дне емкости с обрабатываемой жидкостью, 2 – коронирующий электрод в виде металлической иглы с оголенным кончиком, 3 – крепление электрода, 4 – трубка с изоляционного материала для продувки атмосферного воздуха 5; 6 – обрабатываемая жидкость, 7 – форма пузырька газа; 8 – дно емкости; ГВИ – генератор высоковольтных импульсов, СЗ – схема запуска, r – радиус пузырька газа, r_0 – радиус отверстия, $r_0/2$ – расстояние кончика электрода до отверстия, R_5 – балластное сопротивление.

Рисунок 2 – Функциональная схема устройства

Расчетные значения зависимости r от r_0 по формуле (3) показаны на рисунке 3.

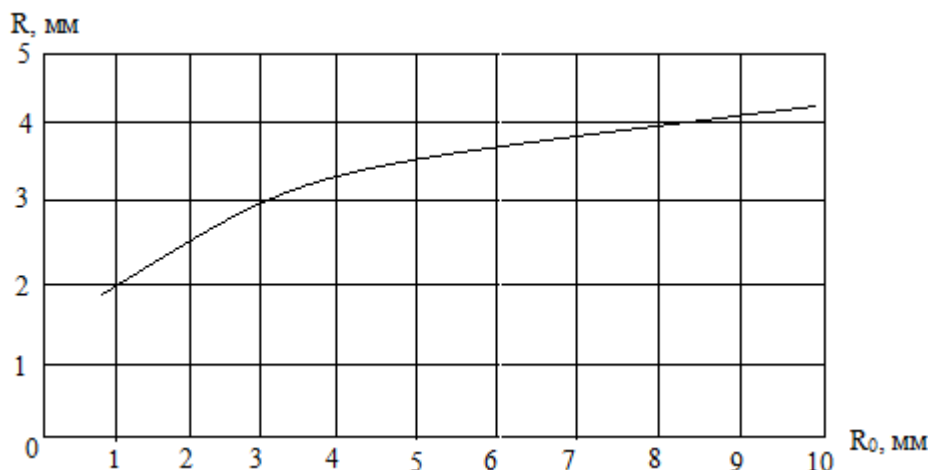


Рисунок 3

Как видно из графика на рисунке 3 корректность формулы (3) сохраняется до $R=3$ мм, т.е. образованные газовые пузырьки имеют большие диаметры чем само отверстие. Дальше, вплоть до 10 мм, пузырьки имеют меньшие диаметры чем отверстие, что не соответствует действительности. Это связано с тем, что при выводе формулы (3) форму пузырька было принято считать сферической. Опытные данные подтверждают сферичность формы образованных пузырьков газа только до диаметра 3 мм [6].

Список литературы

Авторефераты

1. Боканова А.А. Разработка способов и устройств для озонной очистки и обеззараживания воды: Автореф. дис. канд. техн. наук. — Алматы, 2001. — 24 с.

Диссертации

2. Боканова А.А. Создание теоретических и технологических основ озонной технологии для очистки и обеззараживания воды: дис. ... докт. техн. наук.— Алматы, 2010. — С.75-80.

Материалы конференций

3. Боканова А.А. , Нурпеисова К.М. Повышение эффективности очистки питьевых и сточных вод озонированием.//Тр. 1 Межд.научной конф. –Днепропетровск, 2006. –С.3-7.

4. Боканова А.А. Устройство для озонной обработки воды.//Тр. Межд.научной конф. «Научный потенциал мира -2007». –Прага: Education and Science, 2007. –С.34-39.

Монографии:

5. Бахтаев Ш.А., Боканова А.А. , Бочкарева Г.В., Сыдыкова Г.К. Физика и техника коронноэлектродных приборов. –Алматы, 2007. – 287с.

Патенты:

6. Бахтаев Ш.А., Боканова А.А., Абдрешова С.Б., Сейтимбетов А.М., Кузьмин Ю.В.//Патент на полезную модель РК №3704. Устройство для получения озона в пузырьке газа в электропроводящей жидкости. 2019. Бюл. №9

СТАТЬЯ ИЗ ЖУРНАЛОВ ИЛИ СБОРНИКОВ:

7. N.K.Kozhaspaev, A.A. Bokanova, U.Makanov, A.A.Abdykadyrov, R.Dagarbek, A.K.Kodzhabergenova. Experience in application of ozonic technology for sewage treatment in the Kumkul region of Kazakhstan. //Jr. of Industrial Pollution Control. –Scopus. -2016. – P.486-489.