

УДК 629.7.036.001

**Б. Ш. МАМЕДОВ, П. К. ШТАНЬКО****ОСНОВЫ ЕДИНОЙ ТЕОРИИ ДВИЖИТЕЛЕЙ НА НЕПРЕРЫВНЫХ ПОТОКАХ. ВЫВОД ФОРМУЛЫ ТЯГИ И ПОЛЕТНОГО (ТЯГОВОГО) КПД ТРУБКИ ТОКА, НАПРИМЕР, ПОЛИВНОГО ШЛАНГА, КАК ДВИЖИТЕЛЯ**

В данной статье рассматриваются недостатки современной теории воздушно-реактивных двигателей, у которой все ее фундаментальные основы, к которым относятся термодинамический цикл турбореактивных двигателей в координатах P-V, T-S, формулы тяги и полетного (тягового) КПД, теорема о подъемной силе продуваемого профиля, являются ошибочными, что приводит к неточному описанию принципа работы турбореактивных двигателей, физических процессов, имеющих место при работе последних, неточному проектированию, связанному с наличием в турбореактивных двигателях порядка семи конструктивных ошибок, что приводит к задержке технического прогресса в области авиационного двигателестроения, так как существующая формула тяги,  $R = G_c C_c$ , не работает, поскольку завышает тягу более чем на 300 % по сравнению с реальной тягой.

**Ключевые слова:** формула тяги, полетного (тягового) КПД трубки тока

**Введение.** Современная теория воздушно-реактивных двигателей (ВРД) базируется на фундаментальной формуле тяги

$$R = G_c (C_c - V_n) + (P_c - P_n) F_c, \quad (1)$$

которая при  $P_c = P_n$  преобразуется в формулу тяги

$$R = G_c (C_c - V_n), \quad (2)$$

которая при  $V_n = 0$  преобразуется в формулу тяги

$$R = G_c C_c, \quad (3)$$

и полетном (тяговом) КПД

$$\eta_n = \frac{2}{1 + \frac{C_c}{V_n}} \times 100\%, [1] \quad (4)$$

где R – импульс силы тяги по одному из контуров;  $G_c$  – массовый секундный расход газового потока по одному из контуров;  $C_c$  – относительная осевая скорость газового потока в выходном сечении С-С реактивного сопла одного из контуров;  $P_n$  – статическое давление окружающей среды;  $V_n$  – скорость полета, переносная скорость;  $P_c$  – статическое давление в выходном сечении С-С реактивного сопла одного из контуров;  $F_c$  – площадь выходного сечения С-С реактивного сопла одного из контуров;  $\eta_n$  – полетный (тяговый) КПД по одному из контуров

Исходя из вышеизложенного, перед уже разработанной «Единой теорией двигателей на непрерывных потоках», [2], стояла проблема:

На примере расчета тяги и полетного (тягового) КПД турбореактивного двухконтурного двигателя (ТРДД) Д-436ТП показать и доказать, что фундаментальные формулы (1) – (4) современной теории воздушно-реактивных двигателей не работают и являются глубоко ошибочными, а значит, не могут являться фундаментальными.

**Критика формул тяги и полетного (тягового) КПД современной теории воздушно-реактивных двигателей.** Формулы тяги и полетного (тягового) КПД современной теории ВРД не соответствуют экспериментальным данным той же самой современной

теории ВРД и требованиям науки, например:

1. Анализ формулы тяги (1) показывает, что к слагаемой части  $G_c (C_c - V_n)$ , которая является импульсом силы тяги с размерностью кГ·с, прибавляется второе слагаемое  $(P_c - P_n) F_c$  с размерностью кГ. Такая смесь размерностей в одном выражении в науке не допускается.

2. Согласно формулы тяги (1) при  $P_c > P_n$ , т.е. при недорасширенных газовых потоках, тяга двигателя увеличивается. Экспериментальная часть современной теории ВРД этого не подтверждает, наоборот, она устанавливает, что при  $P_c > P_n$  тяга любого ВРД, РД уменьшается, [1, при  $P_{c.p.} > P_{c.pасч.}$ ].

3. Согласно формулы тяги (1) увеличение  $F_c$  при  $P_c > P_n$  приводит к существенному увеличению тяги ВРД. Экспериментальная часть современной теории ВРД этого не подтверждает, наоборот, она устанавливает, что при  $P_c > P_n$ , увеличение  $F_c$  всегда приводит к уменьшению тяги любого ВРД, см. там же.

4. При  $P_c = P_n$ , формула тяги (1) преобразуется в формулу (2), согласно которой увеличение  $V_n (M_n)$  (где  $M_n$  – условное обозначение скорости звука в воздухе) всегда приводит к уменьшению тяги любого ВРД, а при  $C_c = V_n$  тяга любого ВРД равняется нулю. Экспериментальная часть современной теории ВРД этого не подтверждает, наоборот, она устанавливает, что при увеличении  $V_n (M_n)$  тяга любого ВРД увеличивается и при  $V_n (M_n) = C_c$  в несколько раз превышает тягу ТРД при  $V_n = 0$ , [1].

5. При  $P_c = P_n$ ,  $V_n = 0$  формула тяги (1) преобразуется в формулу тяги (3), согласно которой расчет тяги любого ВРД завышается более чем на 300% по сравнению с реальной тягой.

6. Согласно формулы полетного (тягового) КПД (4) при  $V_n = C_c$  полетный (тяговый) КПД любого ВРД достигает 100 %, а при  $V_n > C_c$  полетный (тяговый) КПД превышает 100 %, что является полным нарушением Закона сохранения энергии, поскольку ни в при

роде, ни в технике не существует такого КПД.

Проведем расчет тяги по первому и второму контуру ТРДД Д-436ТП по формуле (3):

$$R_I = (G_c C_c)_I = 6,6 \cdot 946 = 6250 \text{ кГ} \cdot \text{с}, \quad (5)$$

$$R_{II} = (G_c C_c)_{II} = 32,5 \cdot 188 = 6140 \text{ кГ} \cdot \text{с}, \quad (6)$$

$$R = R_I + R_{II} = 6250 + 6140 = 12390 \text{ кГ} \cdot \text{с}. \quad (7)$$

Реальная тяга по первому контуру ТРДД Д-436ТП составляет 5650 кг·с, а по второму контуру 2000 кг·с, общая тяга на расчетном режиме равна 7650 кг·с [3].

Вывод: формулы тяги, полетного (тягового) КПД (1) – (4) являются ошибочными, поскольку формула полетного (тягового) КПД (4) выдает КПД второго контура свыше 100 %, а формулы (1) – (3) не выполняют третий Закон И. Ньютона – сила действия всегда равна силе противодействия, и почти в два раза превышают тягу ТРДД Д-436ТП ( $R=12390$  кГ вместо  $R=7650$  кГ), и не могут быть применимы ни в теории, ни в термодинамическом расчете ТРД по математической модели нулевого, первого и второго уровня, у которых тяга двигателя не рассчитывается по формулам (1) – (3), а принимается равной лобовому сопротивлению самолета при расчетной скорости полета, что является неточным. Конструкторам, которые рассчитывают ТРД, это давно известно, но для поддержания престижа отечественной теории ВРД, в основу которой заложены ошибочные фундаментальные формулы тяги и полетного (тягового) КПД (1) – (4), преподавателям авиационных вузов выдают заниженный расход газового потока по первому и второму контуру ТРДД с тем, чтобы произведение  $G_c C_c$  равнялось бы тяге ТРДД по соответствующему контуру, например, для ТРДД Д-436ТП расход газа по первому контуру выдают равному 58 кГ/с (вместо реальных 66 кГ/с), а расход газа по второму контуру выдают 105 кГ/с (вместо реальных 325 кГ/с), что является сильнейшим тормозом на пути технического прогресса в области авиационного двигателестроения, поскольку скорость газового потока никогда не генерирует тягу в любом двигателе на непрерывных потоках [4–7].

**Постановка цели (задания).** Согласно «Единой теории движителей на непрерывных потоках» [2], показать и доказать, что выведенные на ее основе формулы тяги и полетного (тягового) КПД для любой трубки тока, например, поливного шланга, полностью применимы для точного расчета силы тяги и полетного (тягового) КПД ТРДД Д-436ТП и являются единственными для всех типов движителей на непрерывных потоках, включая любые ТРД и ракетные двигатели [8–10].

**Вывод формулы тяги и полетного (тягового) КПД трубки тока, например, поливного шланга, как движителя.** Вывод формулы тяги и полетного (тягового) КПД любой трубки тока, например, поливного шланга, как движителя, проводится впервые.

**Выбор контрольного контура.** В качестве контрольного контура выбираем зону Н-Н<sub>1</sub> рис. 1, где Н – сфероидная зона невозмущенного водно-газового потока, рис. 1, поз.2, которая расположена внутри маги-

стрального трубопровода 1, символизирует собой начало ускоренного движения частиц водно-газового потока, при этом необходимо отметить, что при малейшем движении потока воды, вызванным наличием градиента статических давлений, направленного по потоку, из воды начинают выделяться пузырьки растворенного в ней газа, образуется водно-газовый поток, который полностью подчиняется всем законам механики истечения жидкостей и газов; Н<sub>1</sub> – зона невозмущенного потока, конец ускоренного движения частиц водно-газового потока.

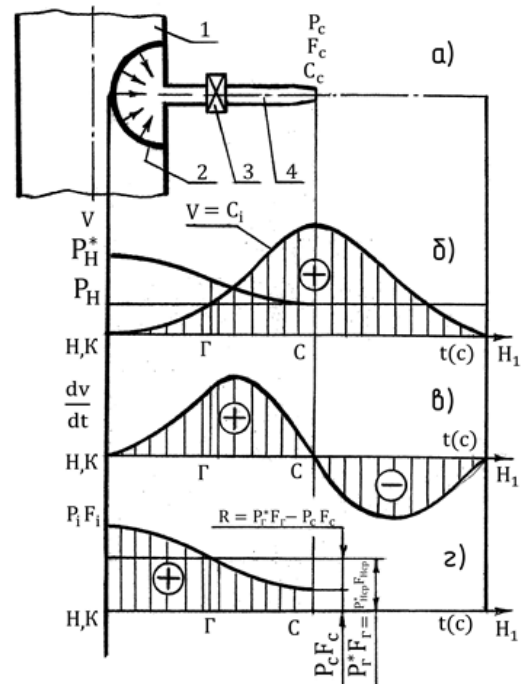


Рис. 1 – Кинематический и силовой анализ движения водно-газового потока в пределах контрольного контура Н-Н<sub>1</sub> для вывода формулы тяги и полетного (тягового) КПД трубки тока, например, поливного шланга, как движителя

Для введения в соответствие с зонами контрольного контура других движителей на непрерывных потоках, например с ТРД, [2, зона К-С], считаем, что сечение зоны невозмущенного потока Н-Н совпадает с сечением К-К, зоной максимального сжатия водно-газового потока в водопроводной магистрали, рис. 1, поз. 1. Таким образом, в рассматриваемой трубке тока (поливном шланге), как и в ракетном двигателе, [2], имеют место только две зоны контрольного контура Н-Н<sub>1</sub>: К-С – зона ускоряемого водно-газового потока, в которой генерируется тяга трубки тока (поливного шланга), рис. 1, поз.4; С-Н<sub>1</sub> – зона выходящей струи.

**Кинематический анализ характера изменения статических давлений, осевых скоростей, ускорений (вторичных движущих динамических – инерционных сил) и первичных движущих сил.** Основой для вывода формул тяги и полетного (тягового) КПД трубки тока (поливного шланга) является кинематический анализ характера изменения статических давлений, осевых скоростей, ускорений (динамических – инерционных сил), первичных движущих сил от изменения статических давлений водно-газового потока в пределах контрольного контура Н-Н<sub>1</sub>.

Контрольным вариантом для вывода формулы тяги трубки тока является правильное применение уравнения Эйлера.

На рис. 1 приводятся: 1 – водопроводная магистраль; 2 – сфероидная зона невозмущенного потока Н, которая, как и в ракетных двигателях, [2], совпадает с сечением К-К, зоной максимального сжатия водно-газового потока в водопроводной магистрали 1; 3 – кран водопроводный; 4 – трубка тока (поливной шланг) зоны К-С; а – контрольный контур для вывода формул тяги и полетного (тягового) КПД трубки тока зоны К-С; б – характер изменения статических давлений, осевых скоростей водно-газового потока в пределах контрольного контура Н-Н<sub>1</sub>; в – кинематический анализ характера изменения осевых ускорений – вторичных движущих динамических – инерционных сил на основе графического дифференцирования графика изменения осевых скоростей водно-газового потока в пределах контрольного контура Н-Н<sub>1</sub>; г – кинематический анализ характера изменения первичных движущих сил от изменения статических давлений водно-газового потока в пределах контрольного контура Н-Н<sub>1</sub>.

Кинематический анализ показывает, рис. 1, в, что скорость водно-газового потока в выходном сечении С-С реактивного сопла К-С никогда не создает тягу, поскольку общая сумма вторичных движущих динамических – инерционных сил в пределах контрольного контура Н-Н<sub>1</sub> всегда равна нулю, расчет тяги ТРДД Д-436ТП по формуле  $R = G_c C_c$ , (3), тому подтверждение. В зоне выходящей струи С-Н<sub>1</sub> градиент первичных движущих сил от изменения статических давлений водно-газового потока всегда равняется нулю, поскольку в выходящей струе, согласно закона Бойля-Мариотта,  $P_1 F_1 = \text{const}$ , водно-газовый поток движется только под действием инерционных сил.

Таким образом, кинематический анализ показывает, что нескомпенсированной зоной первичных движущих сил от изменения статических давлений водно-газового потока, в которой генерируется тяга трубки тока (поливного шланга), является зона реактивного сопла К-С – зона ускорения водно-газового потока под действием градиента первичных движущих сил. Площадь геометрической фигуры, заключенной между кривой и осью абсцисс, рис. 1, г, заштрихованная зона, представляет собой подведенную к водно-газовому потоку работу первичных движущих сил от изменения статических давлений. Заменяем площадь геометрической фигуры площадью прямоугольника со сторонами  $P_z^* F_z$ , КС.

Таким образом, подведенная к водно-газовому потоку работа равна

$$A_n = P_z^* F_z \cdot KC, \quad (\text{кГ} \cdot \text{м}), \quad (8)$$

где  $P_z^* = P_{z, \text{ср}}^*$  – среднее статическое давление заторможенного водно-газового потока в среднем сечении Г-Г трубки тока, рис.1г;  $F_z = F_{z, \text{ср}}$  – площадь водно-газового тракта в среднем сечении Г-Г; КС – длина зоны реактивного сопла К-С. Подведенная магистральным давлением к водно-газовому потоку работа

$A_n$ , формула (8), затрачивается на преодоление работы силы сопротивления

$$A_{cc} = P_c F_c \cdot KC, \quad (\text{кГ} \cdot \text{м}), \quad (9)$$

и на преодоление работы силы тяги R:

$$A_R = R \cdot KC, \quad (\text{кГ} \cdot \text{м}). \quad (10)$$

Таким образом, можно записать:

$$A_n = A_{cc} + A_R, \quad (11)$$

откуда тяга, генерируемая трубкой тока (поливным шлангом) зоны К-С, рис. 1, поз. 4, определяется формулой

$$R = P_{z, \text{ср}}^* F_{z, \text{ср}} - P_c F_c = P_z^* F_z - P_c F_c, \quad (12)$$

где  $P_{z, \text{ср}}^* = P_z^*$  – статическое давление заторможенного потока в сечении Г-Г, для ТРД это сечение совпадает со входом в первый сопловой аппарат турбины;  $P_z^* F_z$  – средняя первичная движущая сила от изменения статического давления заторможенного водно-газового потока в сечении Г-Г зоны К-С;  $P_c F_c$  – сила сопротивления в выходном сечении С-С реактивного сопла К-С.

Таким образом, тяга трубки тока (поливного шланга) или любого другого движителя на непрерывных потоках, включая турбореактивные и ракетные двигатели, представляет собой разность между средней первичной движущей силой в сечении Г-Г ( $P_z^* F_z$ ) и силой сопротивления  $P_c F_c$ .

Полетный (тяговый) КПД трубки тока (поливного шланга) определяется из формулы

$$\eta_n = \frac{A_R}{A_n}, \quad (13)$$

откуда

$$\eta_n = \left( 1 - \frac{P_c F_c}{P_z^* F_z} \right) \cdot 100\%. \quad (14)$$

**Решение поставленной цели (задания).** Уже разработанная «Единая теория движителей на непрерывных потоках», [2], утверждает, что формулы тяги и полетного (тягового) КПД, разработанные для трубки тока (поливного шланга), формулы (12), (14), могут быть применены для точного расчета тяги и полетного (тягового) КПД, например, ТРДД Д-436ТП. Технические данные ТРДД Д-436ТП приводятся в [3].

$$R = P_z^* F_z - P_c F_c = P_z^* F_z - (P_c F_c)_I - (P_c F_c)_{II}, \quad (15)$$

где  $(P_c F_c)_I$  – сила сопротивления в выходном сечении С-С реактивного сопла первого контура;  $(P_c F_c)_{II}$  – сила сопротивления в выходном сечении С-С реактивного сопла второго контура;  $P_z^* F_z$  – первичная движущая сила на входе в первый сопловой аппарат турбины;  $P_z^*$ ,  $F_z$  – соответственно давление заторможенного потока и площадь газодинамического тракта на входе в первый соловой аппарат турбины.

$$R = P_z^* F_z - (P_c F_c)_I - (P_c F_c)_{II} = 24960 - 4960 - 12350 = 7650 \text{ кГ} \quad (16)$$

$$\eta_n = \left[ 1 - \frac{(P_c F_c)_I + (P_c F_c)_{II}}{P_c^* F_c} \right] \cdot 100\% =$$

$$= \left[ 1 - \frac{4960 + 12350}{24960} \right] \cdot 100\% = 30\% \quad (17)$$

Таким образом, выведенные формулы тяги и полетного (тягового) КПД, (12), (14), для трубки тока (поливного шланга) являются едиными для всех типов двигателей на непрерывных потоках, включая турбореактивные и ракетные двигатели.

Дополнительно формулы тяги (12) и полетного (тягового) КПД (14) являются фундаментальными основами «Единой теории двигателей на непрерывных потоках», по которым рассчитываются и проектируются любые воздушно-реактивные двигатели.

**Применение уравнения Эйлера, как контрольного варианта, для вывода формулы тяги любой трубки тока, например, поливного шланга, как двигателя на непрерывных потоках.** Для вывода формулы тяги любой трубки тока, например, поливного шланга, как двигателя на непрерывных потоках, с помощью уравнения Эйлера необходимо обе части этого уравнения разделить на  $\Delta t$  с целью перехода на размерность кГ или Н, после чего уравнение Эйлера преобразуется во второй Закон И. Ньютона:

$$m_c \frac{\Delta V}{\Delta t} = m_c \cdot a = \sum P_i, \quad (18)$$

где  $m_c$  – секундный массовый расход водно-газового потока через трубку тока в зоне К-С, рис.1;  $\Delta V$  – разность осевой скорости водно-газового потока на выходе,  $V_2$ , (сечение С-С) и на входе,  $V_1$  (сечение К-К) в трубку тока в зоне К-С,  $V_1$  для рассматриваемой трубки тока равна нулю;  $\Delta t$  – время импульса внешних сил, действующих на трубку тока в зоне К-С, или время перемещения потока от сечения 1(К-К) до сечения 2(С-С);  $\frac{\Delta V}{\Delta t} = a$  – изменение ускорения водно-

газового потока в рассматриваемой трубке тока в зоне К-С;  $m_c \cdot a$  – изменение силы инерции водно-газового потока в зоне К-С, которая является одной из внешних сил, действующих на трубку тока в зоне К-С;  $\sum P_i$  – сумма всех остальных внешних сил, включая силу тяги  $R$  трубки тока в зоне К-С, реакции отсоединенных потоков, которые действуют на сечения К-К и С-С зоны К-С.

В этом случае уравнение Эйлера (18) читается только так: Изменение силы инерции водно-газового потока  $m_c a$ , которая является одной из внешних сил, действующих на трубку тока в зоне К-С, всегда равняется сумме всех остальных внешних сил: первичных движущих сил от изменения статических давлений  $P_c^* F_c$ , силы сопротивления  $P_c F_c$ , силы тяги  $R$  рассматриваемой трубки тока в зоне К-С, а также реакций отсоединенных потоков от первичных движущих сил от изменения статических давлений водно-газового потока и вторичных динамических – инерционных сил, действующих на сечения К – К слева от зоны водной магистрали и на сечение С-С справа, от зоны выходящей струи С-Н<sub>1</sub>, при этом, согласно ки-

нематического анализа, представленного на рис.1в, необходимо иметь в виду, что в пределах контрольного контура К-Н<sub>1</sub> сумма динамических-инерционных сил водно-газового потока всегда равна нулю, поскольку в зонах К-С и С-Н<sub>1</sub> эти силы имеют противоположное направление.

**Анализ реакций отсоединенных потоков, действующих в качестве внешних сил на сечения К-К и С-С со стороны первичных движущих сил от изменения статических давлений водно-газового потока и вторичных динамических – инерционных движущих сил.** В науке существует незыблемое правило: если при рассмотрении равновесия всех внешних сил, действующих на рассматриваемую трубку тока в зоне К-С, отсоединяется выходящая струя С-Н<sub>1</sub> контрольного контура К-Н<sub>1</sub>, то будьте добры, к сечению С-С приложите ее реакцию от соответствующих внешних сил.

В выходящей струе С-Н<sub>1</sub> при любых значениях  $P_c$  ( $P_c = P_n$ ,  $P_c > P_n$ ,  $P_c < P_n$ ), согласно Закона Бойля-Мариотта,  $P_i F_i = const$ , т.е. первичные движущие силы от изменения статических давлений водно-газового потока в зоне С-Н<sub>1</sub> не дают градиента этих сил, следовательно их реакция на сечение С-С равна нулю, тоже и на сечение К-К, рис. 1, г.

Вторичные динамические – инерционные силы, действующие в выходящей струе С-Н<sub>1</sub> генерируют градиент этих сил, рис.1в, следовательно их реакция на сечение С-С равна  $P_{ин1}$ , которая по модулю всегда равна  $m_c \cdot a$ . На сечение К-К реакция вторичных движущих динамических – инерционных сил со стороны отсоединенной водной магистрали всегда равна нулю.

Запишем уравнение Эйлера (18) в векторной форме:

$$\overline{m_c a} = \overline{P_{ин1}} + \overline{P_{иср}^* F_{иср}} + \overline{P_c F_c} + \overline{R}, \quad (19)$$

где  $P_{ин1}$  – реакция отсоединенного потока выходящей струи С-Н<sub>1</sub> от динамических – инерционных движущих сил, действующих на сечение С-С справа.

Реакция отсоединенного потока выходящей струи С-Н<sub>1</sub> со стороны первичных движущих сил от изменения статических давлений водно-газового потока всегда равна нулю, поскольку отсутствует градиент этих сил, тоже и на сечение К-К, рис. 1, г, поэтому уравнение Эйлера (19) можно записать как:

$$\overline{m_c a} + \overline{P_{ин1}} = \overline{P_c^* F_c} + \overline{P_c F_c} + \overline{R}. \quad (20)$$

Левая часть этого уравнения является суммой динамических – инерционных движущих сил в пределах контрольного контура К-Н<sub>1</sub>, рис. 1, в, которая всегда равняется нулю, тогда в модульной форме:

$$0 = P_c^* F_c - P_c F_c - R, \quad (21)$$

Откуда

$$R = P_c^* F_c - P_c F_c. \quad (12)$$

**Вывод:** уравнение Эйлера – это видоизмененная форма второго закона И. Ньютона, гений которого не мог превзойти даже Эйлер – великий швейцарский, немецкий и российский математик, который, благодаря своей гениальной интерпретации второго закона И. Ньютона, внес неоценимый вклад в становление прогрессивной теории воздушно-реактивных двигателей

– «Единой теории движителей на непрерывных потоках» [2].

**Общие выводы, перспективы дальнейших разработок.** Таким образом, выведенные на основе кинематического анализа, как основного варианта, и на основе правильного понимания и применения уравнения Эйлера, как дополнительного варианта, фундаментальные формулы тяги и полетного (тягового) КПД, (12), (14), любой трубки тока, например, поливного шланга, полностью соответствуют экспериментальной части современной теории воздушно-реактивных двигателей и применимы для точного расчета тяги и полетного (тягового) КПД турбореактивного двигателя, например, ТРДД Д-436ТП, и дают принципиально новое техническое мышление о процессе генерирования тяги всеми движителями на непрерывных потоках, предоставляют возможность очень просто разбираться и объяснять любые физические процессы, имеющие место при работе любого движителя на непрерывных потоках, включая ТРД, РД, что существенно упрощает методику расчета любого ТРД, ТРДД, ТРДФ, РД и других движителей путем введения точных исходных данных по  $R$ ,  $P_c^* F_c$ ,  $P_c F_c$ ,  $T_c^*$  с целью определения самой основной характеристики ВРД – расхода газового потока.

Безо всякого сомнения, некорректные фундаментальные формулы тяги, (1) – (3), и полетного (тягового) КПД, (4), заложенные в основу современной теории ТРД, повлекли за собой ошибочное описание принципа работы и многих физических процессов, имеющих место при работе ВРД, что приводит к неточному проектированию современных турбореактивных двигателей с очень низкими экологическими (большой расход топлива, высокая децибелная характеристика) и технико-экономическими показателями (большие габариты, низкая тяга, низкая газодинамическая устойчивость работы, нетехнологичность и пр.).

Поэтому перспектива дальнейших разработок будет связана, в первую очередь, с правильным описанием такого сложнейшего теоретического и физического понятия, как процесс сжатия газового потока в компрессорах КНД, КСД, КВД любых ВРД, следующей разработкой будет термодинамический расчет турбореактивных двигателей согласно «Единой теории движителей на непрерывных потоках» [2].

**Список литературы:** 1. Теория и расчет воздушно-реактивных двигателей [Текст]: учеб. для вузов / Мин-во общ. и проф. образования Рос. Федерации; под ред. С. М. Шляхтенко. – М.: Машиностроение, 1987. – 568 с. 2. Мамедов, Б. Ш. Единая теория движителей на непрерывных потоках [Текст]: моногр. / Б. Ш. Мамедов: Запорожский национальный технический университет. Х.: Технологический центр, 2013. – 296 с. 3. Гражданская авиация России [Текст]: М.: "Военный парад", 2004. – 336 с. 4. Мамедов, Б. Ш. Единая теория движителей. Причины генерирования неустойчивой ра-

боты турбореактивных двигателей при взлете в условиях жаркого климата [Текст] / Б. Ш. Мамедов / Авиационно-космическая техника и технология: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е.Жуковского «ХАИ». – 2014. – Вып.9/116. – С. 56–62. 5. Мамедов, Б. Ш. Пат. 86788, Украина, МПК F02K 1/00, F02K 3/00, F02C 7/00. Турбореактивный двоконтурный двигун [Текст] / Б. Ш. Мамедов. – Заявник та патентовласник Запорізький нац. техн. ун-т. – №U200607941; заявл. 14.07.2006; опубл. 25.05.2009, Бюл.№10. – 24 с. 6. Мамедов, Б. Ш. Патент 46407, Украина, МПК F04D 27/00, F02K 1/00, F02K 3/00, F02C 7/00. Спосіб підвищення газодинамічної стійкості роботи повітря-реактивних двигунів [Текст] / Б. Ш. Мамедов. – Заявник та патентовласник Запорізький нац. техн. ун-т. – №U200905152; заявл. 25.05.2009; опубл. 25.12.2009, Бюл.№24. – 26 с. 7. Мамедов, Б. Ш. Патент 66619, Украина, МПК F02K 1/00, F02K 3/08, F02K 7/00, F02K 3/11 Турбореактивный двоконтурный двигун [Текст] / Б. Ш. Мамедов. – №U201107779; заявл. 20.06.2011; опубл. 10.01.2012, Бюл.№1. – 12 с. 8. Мамедов, Б. Ш. Единая теория движителей. Новое назначение и принцип работы "нулевой" ступени компрессора низкого давления [Текст] / Б. Ш. Мамедов // Авиационно-космическая техника и технология: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «ХАИ». – 2014. – Вып. 8/115. – С. 55–60. 9. Мамедов, Б. Ш. Патент 66620, Украина, МПК F02C 7/04, F04D 27/02, F02K 1/00, F02K 3/00. Турбореактивный двоконтурный двигун [Текст] / Б. Ш. Мамедов. – № U201107780, заявл. 20.06.2011, опубл. 10.01.2012, Бюл.№1, – 12 с. 10. Мамедов, Б. Ш. Сравнительный анализ расчета тяги и полетного (тягового) КПД турбореактивных двухконтурных двигателей и Единой теории движителей на непрерывных потоках [Текст] / Б. Ш. Мамедов, П. К. Штанько // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии, сб.наук.тр. – О.: Госуниверситет УНПК. – 2015. – №24(312). – С. 63–69.

**Bibliography (transliterated):** 1. Teoriya i raschet vozdušno-reaktivnykh dvigatelej: ucheb. dlya vuzov. (1987). Min-vo obsbh. i prof. obrazovaniya Ros. Federacii; pod red. S. M. Shlyaxtenko. Moscow: Mashinostroenie, 568. 2. Mamedov, B. Sh. (2013). Edinaya teoriya dvizhitelej na nepreryvnykh potokakh [Текст]: monogr.: Zaporozhskij nacionalnyj texniceskij universitet. Kharkov: Texnologicheskij centr, 296. 3. Grazhdanskaya aviacija Rossii: Moscow: "Voennyj parad", 2004, 336. 4. Mamedov, B. Sh. (2014). Edinaya teoriya dvizhitelej. Prichiny generirovaniya neustojchivoj raboty turboreaktivnykh dvigatelej pri vzlete v usloviyax zharkogo klimata. Aviacionno-kosmicheskaya texnika i texnologiya: sb. nauch. tr. Nac. aerokosm. un-ta im. N.E.Zhukovskogo «ХАИ», Vyp. 9/116, 56–62. 5. Mamedov, B. Sh. (2009). Pat. 86788, Ukraina, MPK F02K 1/00, F02K 3/00, F02C 7/00. Turboreaktivnij dvokonturnij dvigun. Zayavnik ta patentovlasnik Zaporizkij nac. texn. un-t. №U200607941; zayavl. 14.07.2006; opubl. 25.05.2009, Byul.№10, 24. 6. Mamedov, B. Sh. (2009). Patent 46407, Ukraina, MPK F04D 27/00, F02K 1/00, F02K 3/00, F02C 7/00. Sposib pidvishennya gazodinamichnoї stijkosti roboti povitrya-reaktivnix dviguniv. Zayavnik ta patentovlasnik Zaporizkij nac. texn. un-t. №U200905152; zayavl. 25.05.2009; opubl. 25.12.2009, Byul.№24, 26. 7. Mamedov, B. Sh. Patent 66619, Ukraina, MPK F02K 1/00, F02K 3/08, F02K 7/00, F02K 3/11 Turboreaktivnij dvokonturnij dvigun. №U201107779; zayavl. 20.06.2011; opubl. 10.01.2012, Byul.№1, 12. 8. Mamedov, B. Sh. (2014). Edinaya teoriya dvizhitelej. Novoe naznachenie i princip raboty "nulevoj" stupeni kompressora nizkogo davleniya. Aviacionno-kosmicheskaya texnika i texnologiya: sb. nauch. tr. Nac. aerokosm. un-ta im. N. E. Zhukovskogo «ХАИ», Vyp. 8/115, 55–60. 9. Mamedov, B. Sh. (2011). Patent 66620, Ukraina, MPK F02S 7/04, F04D 27/02, F02K 1/00, F02K 3/00. Turboreaktivnij dvokonturnij dvigun. № U201107780, zayavl. 20.06.2011, opubl. 10.01.2012, Byul.№1, 12. 10. Mamedov, B. Sh., Shtanko, P. K. (2015). Sravnitelnyj analiz rascheta tyagi i poletnogo (tyagovogo) KPD turboreaktivnykh duxkonturnyx dvigatelej i Edinoj teorii dvizhitelej na nepreryvnykh potokax. Fundamentalnye i prikladnye problemy tekhniki i texnologii, sb.nauk.tr. O.: Gosuniversitet UNPK, №24(312), 63–69.

Поступила (received) 20.12.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Мамедов Борис Шамшидович** – кандидат технических наук, доцент, Запорожский национальный технический университет, Кафедра «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика», ул. Жуковского, 64, г. Запорожье, Украина, 69063.

**Штанько Петр Константинович** – кандидат технических наук, доцент, Запорожский национальный технический университет, Кафедра «Механика», ул. Жуковского, 64, г. Запорожье, Украина, 69063.