

**Б. Ш. МАМЕДОВ**, канд. техн. наук, доц., ЗНТУ, Запорожье

## ЕДИНАЯ ТЕОРИЯ ДВИЖИТЕЛЕЙ НА НЕПРЕРЫВНЫХ ПОТОКАХ. КРАТКАЯ ТЕОРИЯ ОДНОРЯДНЫХ ГРЕБНЫХ ВИНТОВ

Рассматриваются недостатки современной теории воздушно-реактивных двигателей, связанные с ошибочной теоремой о подъемной силе продуваемого профиля, выведенной профессором Н.Е.Жуковским в его статье "Вихревая теория гребного винта" в 1912г.

**Ключевые слова:** кинематический анализ, тяга продуваемого профиля, подъемная сила

**Введение. Постановка проблемы.** В своей статье "Вихревая теория гребного винта", 1912г., профессор Н.Е.Жуковский приводит вывод теоремы о подъемной силе продуваемого профиля:

$$P = \rho \omega_{\infty} \Gamma, \quad (1)$$

где

$$\Gamma = t \Delta W_u, [1, \text{с.53-55}], \quad (2)$$

где  $\rho$  – плотность продуваемого потока,  $\omega_{\infty}$  – скорость продуваемого потока в бесконечности,  $\Gamma$  – циркуляция скорости продуваемого потока вокруг профиля,  $t$  – расстояние между продуваемыми профилями,  $\Delta W_u$  – циркуляция скорости продуваемого потока вокруг профиля, [1, с.55, рис.2.25].

Основной ошибкой профессора Н.Е.Жуковского, которую он допустил при выводе теоремы о подъемной силе продуваемого профиля, формула (1), является введение такого ошибочного понятия, как циркуляция,  $\tilde{A} = t \Delta W_u$ , поскольку при правильно организованном рабочем процессе обтекания продуваемого профиля, например, лопасти гребного винта, по корытцу и по спинке лопасти имеет место ламинарное обтекание продуваемого потока и ни о какой циркуляции потока вокруг продуваемого профиля лопасти гребного винта не может быть и речи. Циркуляцию, или "присоединенный вихрь" профессор Н.Е.Жуковский наблюдал только при наличии отрыва продуваемого потока от спинки продуваемого профиля, зона Н-С-Н, [2, с.3-7, рис.1].

Выведенная профессором Н.Е.Жуковским теорема о подъемной силе продуваемого профиля, формула (1), не выдерживает критики с любых позиций. Например, проверим формулу (1) на предмет ее соответствия экспериментальным данным той же самой современной теории воздушно-реактивных двигателей, куда она, формула (1), заложена в качестве фундаментальной.

Согласно теореме о подъемной силе продуваемого профиля, формула (1), максимальное давление продуваемого потока на корытце продуваемого профиля находится там, где циркуляция,  $\tilde{A} = t \Delta W_u$ , максимальна, т.е. на выходной кромке продуваемого профиля, а нулевое давление продуваемого потока находится там, где циркуляция,  $\tilde{A} = t \Delta W_u$ , равна нулю, т.е. на входной кромке продуваемого профиля, поскольку на входной кромке  $\Delta W_u = 0$ , т.е. эпюра давлений по корытцу продуваемого профиля, согласно Н.Е.Жуковскому, имеет максимальное значение на выходной кромке продуваемого профиля и нулевое на входной кромке продуваемого профиля,

формируя, таким образом, градиент давлений, направленный против потока, что противоречит всем законам механики истечения жидкостей и газов и экспериментальная часть современной теории ВРД четко это подтверждает, она гласит, что максимальное давление продуваемого потока на корытце продуваемого профиля находится в зоне входной кромки и это давление постепенно уменьшается по мере перемещения продуваемого потока к выходной кромке продуваемого профиля, формируя, таким образом, градиент давлений, направленный по потоку, [1, с.68, рис.3.3], что соответствует всем законам механики истечения жидкостей и газов.

Поэтому физическая основа процесса генерирования подъемной силы продуваемого профиля на основе циркуляции, ( $\dot{A} = t\Delta W_u$ ), объяснена профессором Н.Е.Жуковским ошибочно, а теорема о подъемной силе продуваемого профиля, формула (1), выведенная в его статье "Вихревая теория гребного винта" в 1912г., нарушает все законы механики истечения жидкостей и газов и не может быть фундаментальной ни для какой теории.

Необходимо отметить, что профессор Н.Е.Жуковский работал над своей статьей "Вихревая теория гребного винта" во времена, 1906-1912г.г., когда самолетостроение только зарождалось, когда научному миру не были известны такие понятия, как углы атаки, зоны отрыва продуваемого потока по корытцу и спинке продуваемого профиля, генерирующие неустойчивую работу, вибрации, флаттер самолета, поэтому его статью, в которой он приводит вывод теоремы о подъемной силе продуваемого профиля, формула (1), необходимо рассматривать как первый, но ошибочный шаг на пути познания человеком такого сложнейшего теоретического и физического понятия, как процесс генерирования тяги и подъемной силы продуваемым профилем, как движителем.

Поэтому перед уже созданной единой теорией движителей на непрерывных потоках стояла проблема создания правильной теории гребного винта, которая, как в капле воды, отражала бы единую теорию движителей на непрерывных потоках, включая правильную теорию воздушно-реактивных двигателей, в которой проведена тесная связь между теорией и экспериментом, [3, с.15-20], [4, с.146-153], [5, с.11-20], [6, с.11-17] и др.

**Применение кинематического анализа для вывода формулы тяги, полетного (тягового) КПД, теоремы о подъемной силе продуваемого профиля лопасти гребного винта. Постановка цели (задания).** Применение кинематического анализа характера изменения статических давлений, осевых скоростей, ускорений (вторичных динамических-инерционных сил), первичных движущих сил от изменения статических давлений водно-газового потока в пределах контрольного контура  $H-H_1$  для вывода формул тяги, полетного (тягового) КПД, теоремы о подъемной силе продуваемого профиля лопасти гребного винта, как движителя на непрерывных потоках, проводится впервые, а принятая терминология соответствует терминологии современной теории воздушно-реактивных двигателей.

**Выбор контрольного контура.** Продуваемый миделевый профиль лопасти гребного винта вращается по миделевому радиусу относительно оси гребного винта с окружной скоростью  $U$ . Применяв теорему о плоско-параллельном перемещении частиц водно-газовой смеси, строим треугольник скоростей частиц водно-газовой смеси на входной кромке продуваемого профиля лопасти гребного винта, сечение В-В. При вращении лопасти гребного винта по ее корытцу генерируется зона

заторможенного потока 1, в которой все частицы водно-газовой смеси перемещаются к выходной кромке продуваемого профиля, сечение С-С, при этом на входной кромке генерируется разрежение, которое инжектирует (всасывает) водно-газовый поток от сечения Н-Н. Под действием разрежения, которое генерируется в зоне Н-В, из воды выделяются пузырьки растворенного газа, образуется водно-газовая смесь, которая полностью подчиняется всем законам механики истечения жидкостей и газов. Сечение Н-Н называется зоной невозмущенного потока, с которой начинается контрольный контур, или сечение Н-Н – это начало ускоренного движения частиц водно-газовой смеси. Таким образом, контрольный контур ограничиваем слева сечением Н-Н, справа сечением  $H_1-N_1$  – это сечение, которое характеризует конец ускоренного движения частиц водно-газовой смеси.

Зона заторможенного потока, (рис., поз.1), характеризуется зоной сжатия водно-газовой смеси В-К, в которой градиент статических давлений направлен против потока, и зоной ускоренного движения частиц водно-газовой смеси К-С, в которой градиент статических давлений направлен по потоку, или, другими словами, зона К-С – это реактивное сопло, в котором генерируется тяга продуваемого профиля лопасти гребного винта. При этом необходимо отметить, что внешний вид зоны заторможенного потока, (рис., поз.1), характер распределения статических давлений в этой зоне полностью соответствует экспериментальным данным современной теории воздушно-реактивных двигателей по продуваемым профилям, [1, с.68, рис.3.3], где четко и ясно показано, что максимальное давление продуваемого газового потока (водно-газовой смеси) по корытцу продуваемого профиля находится в зоне входной кромки продуваемого профиля, и это максимальное давление продуваемого потока постепенно уменьшается по мере перемещения потока к выходной кромке продуваемого профиля, что полностью соответствует всем законам механики истечения жидкостей и газов.

На рис. представлено:

а – продуваемый профиль лопасти гребного винта по миделю;

б – кинематический анализ характера изменения статических давлений, осевых скоростей продуваемого потока в пределах контрольного контура Н- $H_1$ ;

в – кинематический анализ характера изменения осевых ускорений (вторичных динамических-инерционных сил) в пределах контрольного контура Н- $H_1$ ;

г – кинематический анализ характера изменения первичных движущих сил от изменения статических давлений продуваемого потока в пределах контрольного контура Н- $H_1$ .

Положение зоны невозмущенного потока Н-Н регламентируется режимом работы лопасти гребного винта, при увеличении оборотов гребного винта сечение Н-Н удаляется от сечения В-В, при уменьшении оборотов гребного винта сечение Н-Н приближается к сечению В-В. При работе гребного винта по корытцу продуваемой лопасти всегда генерируется зона заторможенного потока, (рис., поз.1), которая регламентирует следующие зоны и сечения контрольного контура Н- $H_1$  при скорости перемещения гребного винта, равной нулю:

Н-Н – сечение невозмущенного потока, регламентирующее равенство площадей (работ первичных сил) геометрических фигур, рис., поз.2,3.

Н-В – зона ускоряемого водно-газового потока.

В-К – зона сжатия продуваемого водно-газового потока, в которой градиент статических давлений направлен против потока.

К-С – зона ускоряемого водно-газового потока, в которой градиент статических давлений направлен за потоком, или зона К-С – это реактивное сопло, в котором генерируется тяга продуваемого профиля лопасти гребного винта.

С-С – выходное сечение реактивного сопла К-С, регламентирующее силу сопротивления  $P_c F_c$ , где  $P_c$  – статическое давление продуваемого потока в сечении С-С,  $F_c$  – площадь выходного сечения реактивного сопла К-С.

С-Н<sub>1</sub> – зона выходящей струи, в которой градиент статических давлений направлен по потоку, если  $P_c > P_i$  (недорасширенный водно-газовый поток), в которой градиент статических давлений равен нулю, если  $P_c = P_i$  (нормально расширенный водно-газовый поток), в которой градиент статических давлений направлен против потока, если  $P_c < P_i$  (перерасширенный водно-газовый поток), где  $P_i$  – давление окружающей среды, регламентируемое глубиной погружения гребного винта в воду. При этом в выходящей водно-газовой струе вне зависимости от величины  $P_c$ , согласно закона Бойля-Мариотта,  $P_i F_i = \text{const}$ .

Н<sub>1</sub>-Н<sub>1</sub> – сечение невозмущенного потока, в котором ускорение продуваемого водно-газового потока равно нулю.

Зоны контрольного контура Н-Н<sub>1</sub> продуваемого профиля лопасти гребного винта полностью совпадают с зонами контрольного контура Н-Н<sub>1</sub> турбореактивного двигателя, [3, с.18, рис.1], крыла птицы, [5, с.14, рис.1] и других движителей на непрерывных потоках. Согласно единой теории движителей на непрерывных потоках процесс генерирования тяги всеми типами движителей одинаков. Поэтому методика вывода формул тяги, полетного (тягового) КПД лопасти гребного винта ничем не будет отличаться от аналогичной для турбореактивных двигателей, а методика вывода теоремы о подъемной силе продуваемого профиля лопасти гребного винта ничем не будет отличаться от аналогичной для крыла птицы и др. движителей, т.е. единая теория движителей разработала единые, общие для всех типов движителей на непрерывных потоках формулы тяги, полетного (тягового) КПД, теорему о подъемной силе продуваемого профиля.

**Характеристика внешних сил, действующих на трубку тока в зоне контрольного контура Н-Н<sub>1</sub> лопасти гребного винта.** При характеристике внешних сил, действующих на трубку тока в зоне контрольного контура Н-Н<sub>1</sub> необходимо учитывать, что всегда первична статика, а вторична динамика.

К внешним силам, действующим на трубку тока в зоне Н-Н<sub>1</sub>, относятся:

1. Первичные движущие силы от изменения статических давлений,  $P_i F_i$ , где  $P_i$  – статическое давление продуваемого водно-газового потока в  $i$ -м сечении газодинамического тракта в пределах контрольного контура Н-Н<sub>1</sub>;  $F_i$  – площадь  $i$ -го сечения газодинамического тракта в пределах контрольного контура Н-Н<sub>1</sub>.

2. Вторичные движущие силы от изменения динамических-инерционных сил,  $m_r a_i$ , где  $m_r$  – массовый секундный расход водно-газового потока через лопасть гребного винта,  $a_i$  – ускорение водно-газового потока в  $i$ -м сечении газодинамического тракта в пределах контрольного контура Н-Н<sub>1</sub>.

3. Силы сопротивления – это силы, которые направлены против потока и к которым могут относиться как первичные движущие силы от изменения статических давлений, например, в зоне В-К, динамические-инерционные силы, когда сила инерции направлена против потока, так и сила сопротивления  $P_c F_c$ .

4. Сила тяги  $R$  лопасти гребного винта.

5. Гравитационные силы продуваемого водно-газового потока, которые при горизонтальном перемещении не учитываются.

Силы трения водно-газового потока о поверхность лопасти гребного винта не учитываем.

Таким образом, в контрольном контуре Н-Н<sub>1</sub> рассматривается замкнутая система всех внешних сил, действующих на трубку тока в зоне Н-Н<sub>1</sub>, т.е. векторная сумма всех внешних сил в пределах контрольного контура Н-Н<sub>1</sub> всегда равна нулю, замыкает векторный силовой многоугольник, в нашем случае линия, всегда тяга лопасти гребного винта.

Замкнутая система внешних сил, отражая единый Закон сохранения энергии, предусматривает и равенство работ всех внешних сил, направленных по потоку и против потока.

При наличии кинематического анализа работа любых внешних сил условно изображается площадью соответствующих геометрических фигур, например, работа вторичных динамических-инерционных сил, направленных против потока, условно изображается двумя геометрическими фигурами со знаком "плюс", направленных по потоку условно изображается двумя геометрическими фигурами со знаком "минус", (рис., поз.в.) Согласно Закона сохранения энергии сумма площадей геометрических фигур со знаком "плюс" всегда равна сумме площадей геометрических фигур со знаком "минус", т.е. векторный силовой многоугольник, в нашем случае линия, всегда должен быть замкнутым для вторичных динамических-инерционных сил. То же самое касается и первичных движущих сил от изменения статических давлений водно-газового потока в пределах контрольного контура Н-Н<sub>1</sub>, например, работа

первичных сил и сил сопротивлений ( $R, P_c F_c$ ), направленных против потока, условно изображается геометрическими фигурами со знаком "минус", к которым относятся работа первичных сил в зоне В-К, в зоне К-С для силы тяги лопасти гребного винта  $R$  и силы сопротивления  $P_c F_c$ , работа первичных сил, направленных за потоком, условно изображается геометрическими фигурами со знаком "плюс", к которым

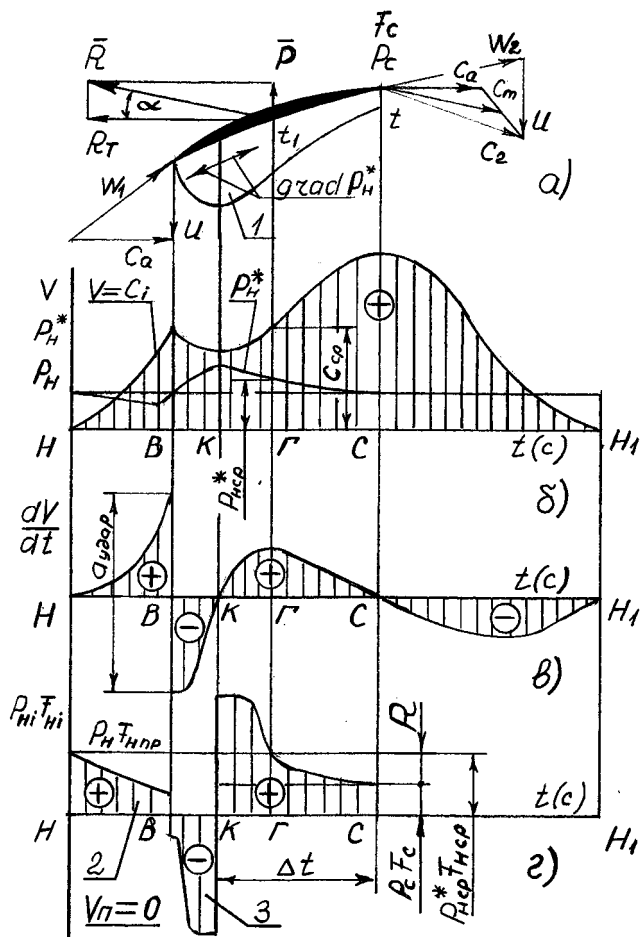


Рис.- Кинематический анализ характера изменения статических давлений, осевых скоростей, ускорений (вторичных движущих динамических-инерционных сил), первичных движущих сил от изменения статических давлений продуваемого водно-газового потока для вывода формул тяги, полетного (тягового) КПД, теоремы о подъемной силе продуваемого профиля лопасти гребного винта

относятся работа первичных сил в зоне Н-В, в зоне К-С, рис.-г.

Согласно Закона сохранения энергии сумма площадей геометрических фигур для первичных сил со знаком "плюс" всегда равна сумме площадей геометрических фигур со знаком "минус", т.е. векторный силовой многоугольник, в нашем случае линия, всегда должен быть замкнутым, при этом замыкающим вектором силового многоугольника (линии) для первичных сил и сил сопротивления будет являться тяга  $R$  лопасти гребного винта.

На основании вышеизложенного, уже созданная единая теория движителей на непрерывных потоках ставила своей целью (заданием) создать новую теорию гребного винта на основе вывода принципиально новых фундаментальных формул тяги, полетного (тягового) КПД и теоремы о подъемной силе продуваемой лопасти гребного винта.

**Кинематический анализ характера изменения статических давлений, осевых скоростей, ускорений (динамических-инерционных сил), первичных движущих сил от изменения статических давлений продуваемого водно-газового потока для вывода формул тяги, полетного (тягового) КПД, теоремы о подъемной силе продуваемой лопасти гребного винта.** Кинематический анализ, приведенный на рис. , показывает, что при вращении лопасти гребного винта перед входной кромкой, сечение В-В, генерируется разрежение и частицы водно-газового потока с некоторого сечения Н-Н, которое называется зоной невозмущенного потока, начинают перемещаться к сечению В-В с нарастающим ускорением, рис.-в. При достижении входной кромки лопасти гребного винта водно-газовый поток сжимается, его осевая скорость уменьшается, а статическое давление, наоборот, увеличивается. Процесс сжатия водно-газовой смеси осуществляется до сечения К-К, после которого водно-газовый поток в зоне К-С ускоряется, зона К-С при этом является реактивным соплом, в котором генерируется тяга  $R$  лопасти гребного винта.

При этом необходимо отметить, что вектор тяги  $R$ , который генерируется лопастью гребного винта, всегда противоположен среднему вектору  $C_m$ , рис.-а, и составляет определенный угол  $\alpha$  к горизонту или к оси вращения гребного винта, разложение вектора тяги  $R$  на две составляющие,  $R_t$ ,  $P$ , где  $P$  – это подъемная сила, генерируемая лопастью гребного винта, дает возможность сформулировать теорему о подъемной силе продуваемой лопасти гребного винта.

Кинематический анализ показывает, что касательная к любой точке кривой, характеризующей изменение осевых скоростей водно-газового потока в зоне Н-В, имеет определенный угол наклона  $\alpha$  к горизонту, при этом  $\operatorname{tg}\alpha$ , условно характеризующий ускорение водно-газового потока, с увеличением осевой скорости последнего растет и имеет положительное значение. В сечении В-В  $\operatorname{tg}\alpha$  мгновенно меняет свое значение на отрицательное, что является свидетельством наличия в сечении В-В так называемой кинематической зоны жесткого (упругого) удара, сила которого прямо пропорциональна произведению секундной массы водно-газового потока на ускорение удара, рис. в, генерируя в окружающее пространство мощные ударные волны в колебательном режиме, что является основным недостатком всех гребных винтов, регламентируя окружную скорость на лопастях гребных винтов не более 40м/с.

Кинематический анализ показывает, что вторичные динамические-инерционные силы в пределах контрольного контура Н-Н<sub>1</sub> дают общую сумму,

равную нулю, или, другими словами, суммарная работа вторичных динамических-инерционных сил в пределах контрольного контура Н-Н<sub>1</sub> всегда равна нулю, рис.в. Графически это выражается в том, рис.в, что площадь геометрических фигур, условно отражающих работу вторичных динамических-инерционных сил со знаком "плюс" всегда равны площади геометрических фигур со знаком "минус".

Исходя из этого кинематический анализ делает следующий вывод:

Изменение скорости продуваемого водно-газового потока, обтекающего продуваемую лопасть гребного винта в пределах контрольного контура Н-Н<sub>1</sub>, генерирует динамические-инерционные силы, сумма которых в пределах контрольного контура Н-Н<sub>1</sub> всегда равна нулю, это означает, что скорость продуваемого потока никогда не создает тягу движителя. Тяга любого движителя на непрерывных потоках создается только положительной работой первичных движущих сил от изменения статических давлений продуваемого потока в зоне К-С, поскольку положительная работа первичных сил в зоне К-С, рис.г, полностью компенсируется отрицательной работой силы тяги R движителя и отрицательной работой силы сопротивления P<sub>с</sub>F<sub>с</sub>.

Кинематический анализ показывает, что к основным недостаткам одинарных гребных винтов относятся:

1. Повышенная децибельная характеристика, которая регламентируется ударными волнами, генерируемыми в кинематической зоне жесткого (упругого) удара, рис.1в, сечение В-В.
2. Наличие кинематической зоны жесткого (упругого) удара, рис.в, сечение В-В.
3. Низкая окружная скорость вращения гребных винтов, что регламентируется п.2.
4. Закрутка потока на выходе из лопасти гребного винта.
5. Отклонение вектора тяги R лопасти гребного винта от оси вращения на угол α.

Кинематический анализ показывает также, что отрицательная работа первичных движущих сил от изменения статических давлений продуваемого водно-газового потока в зоне В-К полностью компенсируется положительной работой первичных движущих сил от изменения статических давлений продуваемого потока в зоне Н-В.

Таким образом, нескомпенсированной зоной работы первичных движущих сил от изменения статических давлений продуваемого водно-газового потока, в которой генерируется тяга продуваемой лопасти гребного винта, является зона К-С. Работа, подведенная к продуваемому водно-газовому потоку в зоне К-С, численно равна площади геометрической фигуры, ограниченной параболической кривой и осью абсцисс, заштрихованная зона со знаком "плюс". Площадь этой геометрической фигуры равна площади прямоугольника со сторонами P<sub>и</sub><sup>\*</sup>·F<sub>и</sub><sup>\*</sup>, КС. Поэтому, с

$$A_{\Pi} = P_{\text{нр}}^* F_{\text{нр}} \cdot \text{КС}, \quad (\text{кГ} \cdot \text{м}), \quad (3)$$

где КС равно перемещению потока за время Δt, рис.г.

Подведенная к продуваемому водно-газовому газозовому потоку в зоне К-С работа A<sub>π</sub> затрачивается на преодоление работы силы сопротивления

$$A_{\text{сс}} = P_{\text{с}} F_{\text{с}} \cdot \text{КС}, \quad (\text{кГ} \cdot \text{м}), \quad (4)$$

и на преодоление работы силы тяги лопасти гребного винта:

$$A_{\text{R}} = R \cdot \text{КС}, \quad (\text{кГ} \cdot \text{м}). \quad (5)$$

Таким образом, можно записать:

$$A_{\Pi} = A_{cc} + A_R, \text{ ИЛИ} \quad (6)$$

$$P_{\text{нсп}}^* F_{\text{нсп}} \cdot KC = P_c F_c \cdot KC + R \cdot KC, \quad (7)$$

откуда:

$$R = P_{\text{нсп}}^* F_{\text{нсп}} - P_c F_c, \text{ при } V_i = 0, \quad (8)$$

$$R' = P_{\text{нсп}}^{*/'} F'_{\text{нсп}} - P'_c F'_c, \text{ при } V_i > 0, \quad (9)$$

где

$$P_{\text{нсп}}^{*/'} = P_{\text{нсп}}^* \pm P_{\text{нсп}}^*,$$

где  $\pm P_{\text{нсп}}^*$  приращение или уменьшение среднего статического давления заторможенного водно-газового потока в среднем сечении Г-Г газодинамического тракта при  $V_i > 0$ , рис.

Любое изменение скорости полета влечет за собой изменение всех пяти параметров, входящих в формулы тяги (8), (9) продуваемой лопасти гребного винта.

Таким образом, векторный силовой многоугольник, в нашем случае линия, согласно уравнений (8), (9), всегда замыкается вектором тяги  $R$ ,  $R'$  продуваемой лопасти гребного винта.

Полетный (тяговый) КПД продуваемой лопасти гребного винта определяется из уравнения

$$\eta_{\Pi} = \frac{A_R}{A_{\Pi}}, \text{ откуда} \quad (10)$$

$$\eta_m = \left( 1 - \frac{P_c F_c}{P_{\text{нсп}}^* F_{\text{нсп}}} \right) \cdot 100\%, \text{ при } V_i = 0 \quad (11)$$

$$\eta_n = \left( 1 - \frac{P'_c F'_c}{P_{\text{нсп}}^{*/'} F'_{\text{нсп}}} \right) \cdot 100\%, \text{ при } V_i > 0 \quad (12)$$

Необходимо отметить, что направление вектора тяги  $R$  продуваемой лопасти гребного винта всегда противоположно вектору средней скорости  $C_m$ , рис.а, и всегда составляет определенный угол  $\alpha$  с направлением скорости полета  $V_{\Pi}$ , поэтому теорема о подъемной силе продуваемой лопасти гребного винта описывается уравнением:

$$P = R \cdot \sin \alpha, \text{ Откуда} \quad (13)$$

$$P = (P_{\text{нсп}}^* F_{\text{нсп}} - P_c F_c) \cdot \sin \alpha, \text{ при } V_i = 0 \quad (14)$$

$$P' = (P_{\text{нсп}}^{*/'} F'_{\text{нсп}} - P'_c F'_c) \cdot \sin \alpha', \text{ при } V_i > 0 \quad (15)$$

Поэтому теорему о подъемной силе продуваемой лопасти гребного винта можно сформулировать следующим образом:

*Подъемная сила продуваемой лопасти гребного винта всегда является функцией от тяги, генерируемой продуваемой лопастью и рассчитывается по формулам (13), (14), (15).*

Отклонение вектора тяги  $R$ ,  $R'$ , генерируемой продуваемой лопастью гребного винта, от оси гребного винта на угол  $\alpha$  влияет на конечное значение полетного (тягового) КПД

$$\eta_m = \left( 1 - \frac{P_c F_c}{P_{\text{нсп}}^* F_{\text{нсп}}} \right) \cdot 100\% \cdot \sin \alpha, \text{ при } V_i = 0 \quad (16)$$

$$\eta_n = \left( 1 - \frac{P'_c F'_c}{P_{ncp}^{*/'} F'_{ncp}} \right) \cdot 100\% \cdot \sin \alpha, \text{ при } v_i > 0 \quad (17)$$

В формулах (3-17) приняты следующие обозначения:

$R$  – тяга продуваемой лопасти гребного винта при  $v_i = 0$ ;

$P_{ncp}^* = P_c^*$  – статическое давление продуваемого водно-газового потока в среднем сечении Г-Г газодинамического тракта зоны К-С, приведенное к зоне невозмущенного потока Н, при  $v_i = 0$ ;

$F_{ncp}$  – площадь газодинамического тракта в среднем сечении Г-Г зоны К-С, равная  $t_1 \cdot l$  при  $v_i = 0$ , где  $t_1$  – толщина газодинамического тракта в среднем сечении Г-Г,  $l$  – длина лопасти гребного винта;

$P_c$  – статическое давление продуваемого водно-газового потока в выходном сечении С-С реактивного сопла зоны К-С при  $v_i = 0$ ;

$F_c$  – площадь газодинамического тракта в выходном сечении С-С реактивного сопла зоны К-С, равная  $t \cdot l$ , где  $t$  – толщина газодинамического тракта в выходном сечении С-С реактивного сопла зоны К-С при  $v_i = 0$ ;

$\alpha$  – угол между направлением вектора тяги  $R$  и осью гребного винта при  $v_i = 0$ ;

$\eta_\delta$  –тяговый КПД продуваемой лопасти гребного винта при  $v_i = 0$ ;

$P$  – подъемная сила продуваемой лопасти гребного винта при  $v_i = 0$ ;

$R'$  – тяга продуваемой лопасти гребного винта при  $v_i > 0$ ;

$P_{ncp}^{*/'} = P_c^{*/'}$  – статическое давление продуваемого водно-газового потока в среднем сечении Г-Г газодинамического тракта зоны К-С, приведенное к зоне невозмущенного потока Н, при  $v_i > 0$ ;

$F'_{ncp}$  – площадь газодинамического тракта в среднем сечении Г-Г зоны К-С при  $v_i > 0$ , равная  $t'_1 \cdot l$ , где  $t'_1$  – толщина газодинамического тракта в среднем сечении Г-Г при  $v_i > 0$ ;

$P_n$  – статическое давление продуваемого водно-газового потока в выходном сечении С-С реактивного сопла зоны К-С при  $v_i > 0$ ;

$\alpha'$  – угол между направлением вектора тяги  $R'$  и осью гребного винта при  $v_i > 0$ ;

$\eta_i$  –полетный (тяговый) КПД продуваемой лопасти гребного винта при  $v_i > 0$ ;

$P'$  – подъемная сила продуваемой лопасти гребного винта при  $v_i > 0$ ;

**Применение уравнения Эйлера, как контрольного варианта, для вывода формулы тяги продуваемой лопасти гребного винта.** Для вывода формулы тяги продуваемой лопасти гребного винта 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, [7, с.3-17], [8, с.67-71]:

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

где  $m_r$  – секундный массовый расход водно-газового потока через продуваемую лопасть гребного винта, площадь сечения этого потока в зоне невозмущенного потока Н, рис.1а, регламентируется площадью  $F_{Hnp}$ , равной лобовой площади продуваемого профиля по направлению вектора  $W_1$ , а в зоне заторможенного потока В-С регламентируется площадью газодинамического тракта;  $\Delta V$  – разница

осевых скоростей на выходе,  $V_2$ , из трубки тока в зоне К-С (сечение С-С) и на входе,  $V_1$ , в эту же трубку тока (сечение К-К);  $\Delta t$  – время импульса внешних сил, действующих на трубку тока в зоне К-С, или время перемещения потока от сечения К-К до сечения С-С;  $\frac{\Delta V}{\Delta t} = a$  – изменение ускорения продуваемого водно-газового потока в зоне К-С;  $m_r \cdot a$  – изменение силы инерции продуваемого водно-газового потока в зоне К-С;  $\sum P_i$  – сумма всех остальных внешних сил, действующих на трубку тока в зоне К-С, включая силу тяги  $R$  продуваемой лопасти гребного винта, реакции отсоединенных потоков со стороны первичных движущих сил от изменения статического давления, вторичных динамических-инерционных сил, действующих слева на сечение К-К от зоны Н-К и справа на сечение С-С от зоны С-Н<sub>1</sub>.

В этом случае уравнение Эйлера (18) читается только так:

Изменение силы инерции продуваемого водно-газового потока  $m_r a$ , которая является одной из внешних сил, действующих на трубку тока в зоне К-С, всегда равняется сумме всех остальных внешних сил, включая силу тяги  $R$  продуваемой лопасти гребного винта, а также реакции отсоединенных потоков от первичных движущих сил от изменения статических давлений, вторичных динамических-инерционных сил, действующих на сечение К-К слева от зоны Н-К и на сечение С-С справа, от зоны С-Н<sub>1</sub>.

Запишем уравнение Эйлера (18) в векторной форме:

$$\overline{m_r a} = \overline{P_{ин1}} + \overline{P_{ин2}} + \overline{P_{Нср}^* F_{Нср}} + \overline{P_c F_c} + \overline{R}, \quad (19)$$

где  $P_{ин1}$  – реакция отсоединенного потока зоны Н-К от динамических-инерционных сил, которая действует на сечение К-К слева;  $P_{ин2}$  – реакция отсоединенного потока зоны С-Н<sub>1</sub> от динамических-инерционных сил, которая действует на сечение С-С справа;  $R$  – тяга продуваемой лопасти гребного винта.

Реакции отсоединенных потоков в зоне Н-К и С-Н<sub>1</sub>, которые действуют на сечения К-К, С-С со стороны первичных движущих сил от изменения статических давлений продуваемого водно-газового потока, всегда равняются нулю, поэтому уравнение Эйлера (19) можно записать так:

$$\overline{P_{ин1}} + \overline{m_r a} + \overline{P_{ин2}} = \overline{R} + \overline{P_{Нср}^* F_{Нср}} + \overline{P_c F_c} \quad (20)$$

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

$$0 = -R + P_{Нср}^* F_{Нср} - P_c F_c, \text{ откуда} \quad (21)$$

$$R = P_{Нср}^* F_{Нср} - P_c F_c \quad (8)$$

Таким образом, продуваемая лопасть гребного винта генерируют тягу, полетный (тяговый) КПД, которые рассчитываются по единым формулам тяги, полетного (тягового) КПД для всех типов движителей на непрерывных потоках, (8), (9), (11), (12) согласно уже разработанной единой теории движителей на непрерывных потоках.

Согласно выведенной теореме о подъемной силе продуваемой лопасти гребного винта, установлено, что подъемную силу любого продуваемого профиля (грот парус яхты, крыло птицы, самолета, планера, любой лопаточный профиль, включая продуваемую лопасть гребного винта и др.) всегда нужно рассчитывать как функцию от тяги, генерируемой продуваемым профилем, установлено, что полетный (тяговый) КПД любого продуваемого профиля, включая лопасть гребного

винта, дополнительно зависит от угла  $\alpha$ , который образуется между вектором тяги  $R$  и осью гребного винта, формулы (16), (17), установлено также, что все продуваемые лопасти любых гребных винтов, как и турбореактивные двигатели, относятся к движителям прямой реакции, тяга которых должна измеряться только в  $kГ$  или  $H$ .

Исходя из вышеизложенного, единая теория движителей на непрерывных потоках ставит дополнительную цель (задание) перед организациями и фирмами, владеющими гидродинамической трубой, выдать все табличные данные согласно формул (8), (9), (16), (17) с целью существенного упрощения расчета лопастей любых гребных винтов, поскольку разработанная краткая теория гребного винта, согласно единой теории движителей на непрерывных потоках, утверждает, что конструктор не должен рассчитывать лопасть гребного винта, он должен выбрать ее из табличных данных, оформленных согласно формул (8), (9), (16), (17).

**Общие выводы. Перспективы дальнейших разработок.** Содержание данной статьи открывает широкие перспективы, прежде всего её практического применения, например, отклонение вектора тяги  $R$  лопасти гребного винта на угол  $\alpha$  от оси гребного винта, рис.а, ставит перед конструкторами решаемую задачу: какие гребные винты необходимо применить, чтобы обеспечить их максимальный КПД путем обеспечения угла  $\alpha$ , равного нулю.

Для получения исходных данных для такого расчета ведущим организациям, фирмам, владеющим гидродинамической трубой, необходимо провести целенаправленную продувку различных профилей лопастей гребных винтов с целью точной фиксации геометрических и газодинамических параметров зоны заторможенного потока В-С, (рис, поз.1.)

Таким образом, современная теория воздушно-реактивных двигателей, основанная на ошибочных формулах тяги, полетного (тягового) КПД, выведенных академиком Б.С.Стечкиным в 1929 г., [3, с.15-20], и на такой же ошибочной теореме о подъемной силе продуваемого профиля, формулы (1), (2), выведенной профессором Н.Е.Жуковским в 1912 г., задержала технический прогресс в области авиадвигателестроения более, чем на 80 лет, в результате чего выпускники авиационных ВУЗов, будущие конструктора авиадвигателей, не имеют ни малейшего понятия о реальном процессе генерирования тяги турбореактивными двигателями, о реальном термодинамическом цикле турбореактивных двигателей в координатах  $P-V$ ,  $T-S$ , о реальном физическом представлении процесса генерирования отрывных течений, о реальной теореме о подъемной силе продуваемого профиля, о реальном кинематическом анализе характера изменения статических давлений, осевых скоростей, ускорений (вторичных движущих динамических-инерционных сил), первичных движущих сил от изменения статических давлений потока в пределах контрольного контура  $H-H_1$ , рис.1, о реальных зонах заторможенного потока и т.д.

Исходя из вышеизложенного, конечной целью серии статей будет являться: показать и доказать, что тягу гребных и воздушных винтов можно увеличить на 200-300%, если устранить кинематическую зону жесткого (упругого) удара в сечении В-В, рис.1в [9, с.124-134], [10, с.142-150]. Поэтому очередная статья будет касаться полного анализа контрвращающихся гребных винтов.

**Список литературы:** 1. Казанджан П. К. Теория авиационных двигателей [Текст] /П. К. Казанджан, Н. Д. Тихонов, А. К. Янко/ – М.: Машиностроение, 1983, – 223 с. 2. Мамедов Б. Ш. Глава 9. Основы единой теории движителей на непрерывных потоках. Вывод формулы тяги,

полетного (тягового) КПД, теоремы о подъемной силе продуваемого профиля единичного размаха, как движителя на непрерывных потоках (краткая теория крыла самолета) [Текст] / *Б. Ш. Мамедов*/ Вісник національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях, – Харків: НТУ «ХПІ», 2012, –№50(956), –с.3-17. **3. Мамедов Б. Ш.** Основы единой теории движителей на непрерывных потоках. Вывод формулы тяги, полетного (тягового) КПД турбореактивных двигателей [Текст] / *Б. Ш. Мамедов*/ Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков: изд. Технологический центр. Прикладная механика, 2011, –4/7 (52), с. 15-20. **4. Мамедов Б. Ш.** Глава 2. Основы единой теории движителей на непрерывных потоках. Вывод формулы тяги, полетного (тягового) КПД, теоремы о подъемной силе продуваемого профиля, как движителя [Текст] / *Б. Ш. Мамедов*/ Вісник національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях, – Харків: НТУ «ХПІ», 2011, – №33, – с.146-153. **5. Мамедов Б. Ш.** Глава 7. Основы единой теории движителей на непрерывных потоках. Вывод формулы тяги, полетного (тягового) КПД, теоремы о подъемной силе продуваемого профиля крыла птицы, как движителя [Текст] / *Б. Ш. Мамедов*/ Вісник національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях, Харків: НТУ «ХПІ», –2012, – №44(950), – с.11-20. **6. Мамедов Б. Ш.** Основы единой теории движителей на непрерывных потоках. Вывод формулы тяги паруса [Текст] / *Б. Ш. Мамедов* / Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков: изд. Технологический центр. Прикладная механика, 2012, –5/7 (59), –с.11-17. **7. Мамедов Б. Ш.** Применение уравнения Эйлера для вывода формул тяги, полетного (тягового) КПД воздушно-реактивных двигателей по внешним параметрам газового потока при  $V_i \geq 0$  [Текст] / *Б. Ш. Мамедов*/ Вісник національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях, Харків: НТУ «ХПІ», – 2013, – №4(978) – с.3-15. **8. Мамедов Б. Ш.** Единая теория движителей. Вывод формул тяги, полетного (тягового) КПД ракетных двигателей. [Текст] / *Б. Ш. Мамедов*/ Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков: изд. Технологический центр. Прикладная механика, 2013 –№1/7(61), с.67-71. **9. Мамедов Б. Ш.** Глава 4. Основы единой теории движителей на непрерывных потоках.. Разработка направления технического прогресса в области авиадвигателестроения, связанного с повышением газодинамической устойчивости работы воздушно-реактивных двигателей при взлете, полете и посадке. [Текст] / *Б. Ш. Мамедов*/ Вісник національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях, –Харків: НТУ «ХПІ», 2011г. – №34, – с.124-134. **10. Мамедов Б. Ш.** Глава 5. Основы единой теории движителей на непрерывных потоках.. Разработка нового направления технического прогресса в области теории и проектирования воздушных винтов, связанное с внедрением в зоне Н-В синусоидального характера изменения осевых скоростей и ускорений газового потока [Текст] / *Б. Ш. Мамедов*/ Вісник національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях, Харків: НТУ «ХПІ», –2011, – №43 – с.142-150.

*Надійшла до редколегії 02.06.2013*

УДК 629.7.036.001

**Единая теория движителей на непрерывных потоках. Краткая теория однорядных гребных винтов/ Мамедов Б. Ш.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 38 (1011). – С.3-14 . – Бібліогр.:10 назв.

Розглядаються недоліки сучасної теорії повітря-реактивних двигунів, пов'язані з помилковою теоремою о під'йомній силі продуваемого профілю, розрахованою професором Н.С.Жуковським у 1912 році.

**Ключові слова:** кінематичний аналіз, тяга продуваемого профілю, під'йомна сила

Highlights the shortcomings of the modern theory of jet engines, due to mistaken theorem on the lift of blown-profile derived Professor Zhukovskiy in his article "The Vortex Theory of the propeller" in 1912.

**Keywords:** kinematic analysis, the thrust blown profile lift