

## СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ

DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-2-340-348

### THE EFFECT OF INCREASING THE BLADES NUMBER OF SHIP'S BLADE PROPELLER ON HIS VIBRO-ACTIVITY AT OPERATION IN THE UNEVEN VELOCITY FIELD BEHIND THE VESSEL HULL

**A. N. Pinchuk<sup>1</sup>, V. K. Korzhov<sup>1</sup>, L. Y. Vishnevsky<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> — Nakhimov Black Sea Higher Naval School, Sevastopol, Russian Federation

<sup>2</sup> — Krylov State Research Centre, St. Petersburg, Russian Federation

*The influence of the number of blades of the blade propeller on its vibro-active and propulsive qualities at operation in the uneven velocity field behind the vessel hull is considered in the paper. The analysis begins with the theoretical considerations, which give a reason to believe that increasing the blades number should lead to decreasing the value of hydrodynamic forces affecting the propeller vibro-activity. This analysis takes into account the known property of any blade propeller, which consists in the fact that at operation in the uneven velocity field, not all of its harmonics are manifested on it in a power relation. This property is called filtration, when the blade propeller reacts to the emphasis from the harmonics of the field, multiples of the number of blades. Since the harmonics as the members of the Fourier series are decreasing in magnitude, then the magnitude of the variable forces on the blade propeller should decrease with increasing the number of its blades. To confirm the obtained theoretical result, the experimental data obtained under the laboratory conditions are used. They are based on the results of the acoustic measurements obtained in the cavitation pipe. At the same time, it is assumed that the contribution of the blade propeller is made mainly by the power acoustic radiation of the functioning propeller in the uneven velocity field at frequencies multiple to the blades number per frequency of its rotation. Thus, when obtaining the experimental data, not directly variable forces on the blade propeller are measured, but only its force acoustic radiation is recorded. The study is based on the fundamental principle: there are variable forces - there is an acoustic field, there are no variable forces - there is no acoustic field. The experimental data have shown that an increase in the blades number on the blade propeller favorably affects reducing the propeller vibration characteristics. Along with this, it is also noted that with a decrease in the propeller vibration characteristics, a decrease in the propulsive quality of the propeller is observed.*

*Keywords: propeller, impeller, blade propeller, vibro-activity, turbulence, noise emission, uneven flow.*

**For citation:**

Pinchuk, Alexander N., Victor K. Korzhev, and Leonid Y. Vishnevsky. "The effect of increasing the blades number of ship's blade propeller on its vibro-activity at operation in the uneven velocity field behind the vessel hull." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 11.2 (2019): 340–348. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-2-340-348.

**УДК 629.12: 532.582.5.037**

### ВЛИЯНИЕ УВЕЛИЧЕНИЯ ЧИСЛА ЛОПАСТЕЙ СУДОВОГО ЛОПАСТНОГО ДВИЖИТЕЛЯ НА ЕГО ВИБРОАКТИВНОСТЬ ПРИ РАБОТЕ В НЕРАВНОМЕРНОМ ПОЛЕ СКОРОСТЕЙ ЗА КОРПУСОМ СУДНА

**А. Н. Пинчук<sup>1</sup>, В. К. Коржев<sup>1</sup>, Л. И. Вишневский<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> — Черноморское высшее военно-морское ордена Красной Звезды училище имени П. С. Нахимова, Севастополь, Российская Федерация

<sup>2</sup> — ФГУП «Крыловский государственный научный центр», Санкт-Петербург, Российская Федерация

*В статье рассмотрено влияние числа лопастей лопастного движителя на его виброактивные и пульсивные качества при работе в неравномерном поле скоростей за корпусом судна. Анализ начинается на основе теоретических положений, которые дают основание считать, что увеличение числа лопастей*

должно приводить к снижению величины гидродинамических сил, влияющих на виброактивность движителя. При этом принято во внимание известное свойство любого лопастного движителя, состоящее в том, что при работе в неравномерном поле скоростей не все гармоники поля проявляются на нем в силовом отношении. Такое свойство называется «фильтрацией», при этом лопастной движитель реагирует на упор от гармоник поля, кратных числу лопастей. Поскольку гармоники как члены ряда Фурье являются убывающими по величине, величина переменных сил на лопастном движителе должна убывать с увеличением числа его лопастей. Для подтверждения полученного теоретического результата были использованы экспериментальные данные, полученные в лабораторных условиях. В их основе лежат результаты акустических измерений, полученные в кавитационной трубе. При этом предполагалось, что вклад лопастного движителя вносится главным образом силовым акустическим излучением работающего движителя в неравномерном поле скоростей на частотах, кратных числу лопастей, на частоту его вращения. Таким образом, при получении экспериментальных данных были измерены не непосредственно переменные силы на лопастном движителе, а регистрировалось лишь его силовое акустическое излучение. В основу исследования был заложен следующий принцип: есть переменные силы — есть и акустическое поле, нет переменных сил — нет и акустического поля. Экспериментальные данные показали, что увеличение числа лопастей на лопастном движителе благоприятно сказывается на снижении вибрационных характеристик движителя. Наряду с этим отмечается, что при снижении вибрационных характеристик движителя наблюдалось также снижение пропульсивного качества движителя.

**Ключевые слова:** гребной винт, рабочее колесо, лопастной движитель, виброактивность, турбулентность, шумоизлучения, неравномерный поток.

#### Для цитирования:

Пинчук А. Н. Влияние увеличения числа лопастей судового лопастного движителя на его виброактивность при работе в неравномерном поле скоростей за корпусом судна / А. Н. Пинчук, В. К. Коржев, Л. И. Вишневецкий // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 2. — С. 340–348. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-2-340-348.

### Введение

При строительстве кораблей и судов до Первой мировой войны количество лопастей гребного винта (ГВ) в большинстве случаев ограничивалось тремя. Пропульсивные качества таких движителей были наиболее высокими, доходившими при испытании их моделей в свободной воде до 75 % и более, поскольку относительная толщина сечений лопастей этих ГВ была небольшая и составляла ~ 2 % на рабочих радиусах в зависимости от дискового отношения. Поэтому при оптимальном распределения нагрузки по радиусу (при заданном упоре) потери были невелики (рис. 1) — [1], чем и объяснялся столь высокий КПД этих движителей, работающих в отсутствии кавитации.

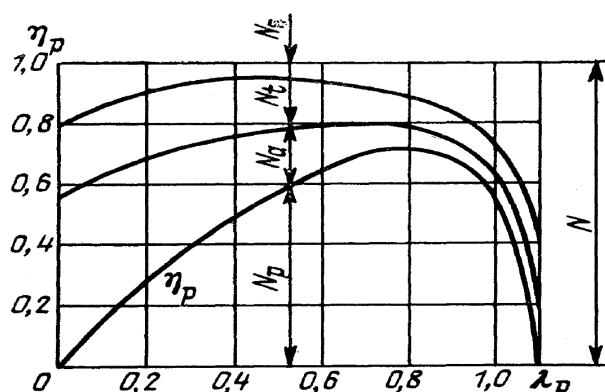


Рис. 1. Баланс мощностей, затрачиваемой на работу гребного винта:

$N$  — полная мощность, потребляемая винтом;  $N_p$  — полезная мощность;  
 $N_a$  — потеря мощности на осевые вызванные скорости;  $N_t$  — потеря мощности на закручивание потока;  
 $N_e$  — потеря мощности на профильное сопротивление лопастей

Положение существенно изменилось в период Второй мировой войны и после нее. Во время Второй мировой войны появились постоянно совершенствующиеся акустические средства

обнаружения кораблей и судов, а также жесткие санитарные нормы, относящиеся к их уровням вибрации (шумности), что не могло не сказаться на необходимости изменения характеристик ГВ — основного источника шумности и вибрации движущегося судна. Данное обстоятельство усиливалось еще и тем, что движитель работает непосредственно в окружающей среде, но не изолирован от нее в отличие от механизмов, работающих внутри корпуса судна. Природа возникновения шума от работающего движителя весьма многообразна и в зависимости от частоты шумоизлучения обусловлена влиянием различных источников (рис. 2) — [2].

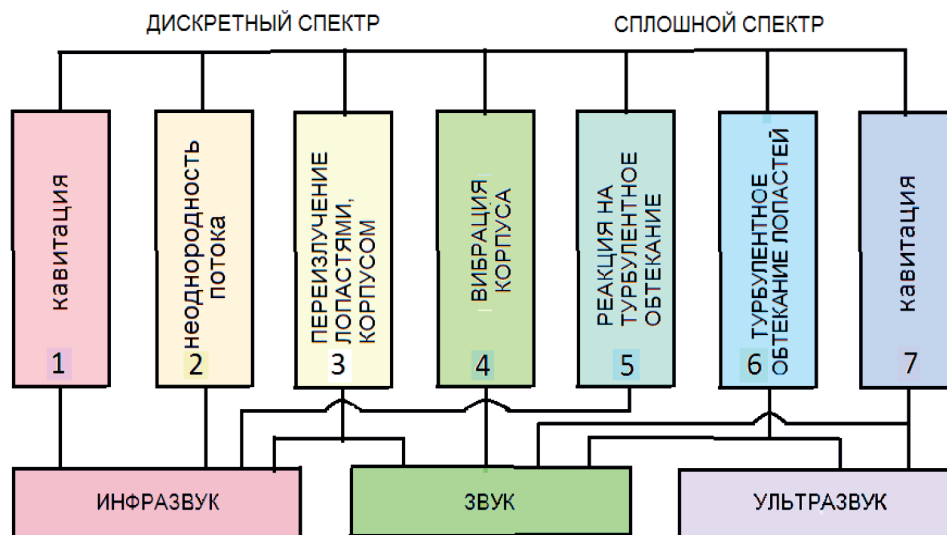


Рис. 2. Источники шумности гребного винта

Основной вклад в инфразвуковом диапазоне частот (до  $\sim 150$  Гц) вносится неравномерностью потока, формирующегося под влиянием корпуса судна и переизлучением конструкцией движителя (его лопастями), а также реакцией на обтекание лопастей потоком в месте расположения движителя. Следует заметить, что дискретные составляющие уровней шума наблюдались бы и в равномерном потоке из-за наличия ограниченного числа несущих элементов движителя (звук вращения). Модулирование сплошной высокочастотной части спектра, связанной с кавитацией и турбулентным обтеканием, может проявляться в дискретных составляющих шума в низкочастотной области спектра, обусловленной изменением кавитации при вращении движителя вследствие изменения как глубины погружения, так и очага начальной кавитации [3]. Спектр акустического сигнала накладывается на естественный акустический шум, создаваемый морской поверхностью [4], [5]. Вклад в звуковой диапазон частот (150–2000 Гц) вносится работающими механизмами судна, турбулентностью потока при обтекании лопастей движителя и вибрацией корпуса, а также кавитацией, возникающей на лопастях движителя. К этому диапазону частот можно отнести и так называемый *кромочный шум*, который порождается вихрями, сходящими с выходящей кромки. Сход вихрей оказывает силовое воздействие на упругую лопасть, которая, в свою очередь, оказывает влияние на формирование сходящих вихрей и образование вибраций. В случае резонанса (совпадения частот действия сил, обусловленных сходом вихрей, и собственных частот колебания кромки) возникает «пение» винта [6].

Ультразвуковой диапазон (более 2000 Гц) обусловлен главным образом кавитацией и турбулентностью потока (шум вращения) при обтекании несущих элементов движителя и характеризуется сплошной частью спектра. Необходимо отметить, что возбуждение акустических возмущений корпуса винтом через воду и вал переизлучается обратно в среду на тех же частотах. Поэтому первоначальное выделение источника шума во многих случаях на практике затруднено [7]. По мере исследования изучаемого явления классификация, приведенная на рис. 2, должна уточняться и совершенствоваться. Вместе с тем существующие знания о данном явлении позво-

ляют спрогнозировать развитие конструкции движителя с целью снижения его уровней шумоизлучения и виброактивности, и относятся к числу несущих его элементов и к дискретным составляющим низкочастотной области спектра, обусловленных возникающими переменными силами на движителе при его работе в неравномерном потоке. Поэтому целью данной статьи является научная разработка способа уменьшения вибрационных характеристик движителя, что является актуальной задачей современного кораблестроения.

### Методы и материалы (Methods and Materials)

**Оценка переменных сил на гребном винте.** Как известно, гидродинамические характеристики движителя на заданном режиме его работы определяются главным образом шаговым

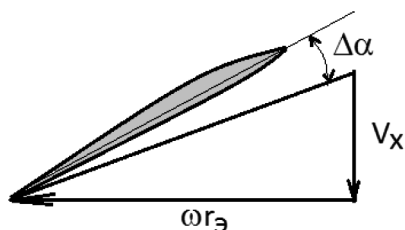


Рис. 3. Эквивалентное сечение

отношением и кривизной сечений. В случае неравномерного потока в месте расположения движителя существенную роль играет число лопастей  $Z$ . Проанализируем влияние числа лопастей на переменные силы, возникающие при работе движителя в неравномерном потоке. Заменяем действие лопасти действием эквивалентного его сечения, расположенного на радиусе  $r_3$ . Рассмотрим угол атаки  $\Delta\alpha$  натекающего на рассматриваемое сечение потока без вызванных скоростей для простоты рассуждений, как показано на рис. 3.

На основе рис. 3 очевидны следующие соотношения [7]:

$$\Delta\alpha = \arctg \frac{P}{2\pi r_3} - \arctg \frac{V_x}{\omega r_3}$$

$$\text{или } \tg \Delta\alpha \leq \frac{V_x}{\omega r_3} - \frac{P}{2\pi r_3}, \quad (1)$$

где  $V_x$  — скорость, натекающая на эквивалентное сечение;

$n$  — частота вращения винта;

$P$  — шаг винта на  $r_3$ .

Последнее неравенство можно переписать в виде

$$\Delta\alpha \leq \frac{V_x}{\omega r_3} - \frac{P}{2\pi r_3}. \quad (2)$$

Представим  $V_x$  в виде частичной суммы ряда Фурье на интервале  $0-2\pi$ :

$$S_N(V_x, \theta) = \sum_0^N C_K e^{iK\theta}. \quad (3)$$

Поскольку, как известно, винт обладает фильтрующим свойством, то пульсация, например, упора и осевого момента на нем будет зависеть от гармоник неравномерного поля, кратных числу лопастей, т. е. от  $Z$  и  $mZ$  (где  $Z$  — число лопастей,  $m = 1, 2, 3 \dots$ ). Если  $V_x$  — функция гладкая и дифференцируемая  $J$  раз, то для коэффициентов  $C_K$  справедлива следующая оценка:

$$C_K \sim 0 \left( \frac{1}{Z^i} \right). \quad (4)$$

Принимая равенства (2) и (3), получим следующее равенство в виде:

$$\Delta\alpha \leq \frac{V_0}{\omega r_M} - \frac{P}{2\pi r_M} + \sum_{l=Z}^{mZ} C_l e^{imZ\theta}. \quad (5)$$

Из равенства (5) следует, что переменная составляющая угла атаки  $\Delta\tilde{\alpha}$  будет определяться третьим слагаемым в правой части этого выражения. На основании оценки (4) можно утверждать, что с увеличением числа лопастей  $Z$   $\Delta\tilde{\alpha}$  будет иметь следующий порядок стремления к нулю:

$$\Delta\tilde{\alpha} \sim 0 \left( \frac{1}{Z^J} \right). \quad (6)$$

Таким образом, на основании оценки порядка величин (6) следует, что пульсация упора с увеличением числа лопастей уменьшается, так как она линейным образом связана с переменным углом атаки —  $\Delta\alpha$ . Следует также ожидать снижение уровней шума, обусловленного пульсацией упора. В соответствии с формулой Ламба, его уровни на заданном расстоянии  $R$  определяются по формуле [7], [8]:

$$L = \frac{f_z \tilde{F}}{2\pi c R}. \quad (7)$$

Здесь  $\tilde{F}$  — переменная сила на винте, возникающая при работе его в неравномерном поле скоростей;  $c$  — скорость звука;  $f_z = Zn$  — частота, на которой происходит акустическое излучение;  $Z$  — число лопастей винта;  $n$  — частота его вращения.

Принимая во внимание оценку порядка величин (6), видно, что уровни, определяемые по формуле (6), имеют порядок в рассматриваемом радиусе  $R$ . Таким образом, с увеличением числа лопастей силовая составляющая уровней шума при работе винта в неравномерном потоке должна уменьшаться. При этом вывод о влиянии числа лопастей на уровни шума, вызванные работой движителя, остался бы без изменений. Данное обстоятельство объясняется тем, что за счет вызванных скоростей поле скоростей в месте расположения движителя выравнивается и его эпюра становится более гладкая, т. е. допускает дифференцирование большее число раз, чем это использовано при оценке (4). Что касается материала, из которого изготавливается движитель, в частности его лопасти, то в настоящее время физические представления о его звукоизлучении при работе не связываются непосредственно с материалом. Считается, например, что использование композитных материалов приведет к снижению его массы на 20–30 % и к внутреннему демпфированию, что может проявиться в снижении уровней шума на 2–3 дБ [9].

**Результаты испытаний многолопастного движителя и их анализ.** Для оценки вывода о влиянии числа лопастей на уровни шума, обусловленные силовой составляющей на лопастных частотах, были проведены испытания в кавитационной трубе специальных движителей (КТСД). В качестве испытуемых моделей использовались 9- и 24-лопастные рабочие колеса (РК) водометного движителя (ВД) [10], [11]. Результаты гидродинамических испытаний приведены на рис. 4 с направляющим аппаратом. На рис. 5 показаны результаты кавитационных испытаний, на которых число кавитации определялось по моменту исчезновения рассматриваемого вида кавитации на лопастях. На рис. 6 приведены акустические измерения, выполненные в 1/3 полосе частот при  $J = 0,97$  (в качестве сравнительных данных на этих рисунках представлены аналогичные результаты, относящиеся к традиционным РК). На рис. 7 и 8 показаны эскизы размещения движителей на рабочем участке и общий вид 24-лопастного РК [12].

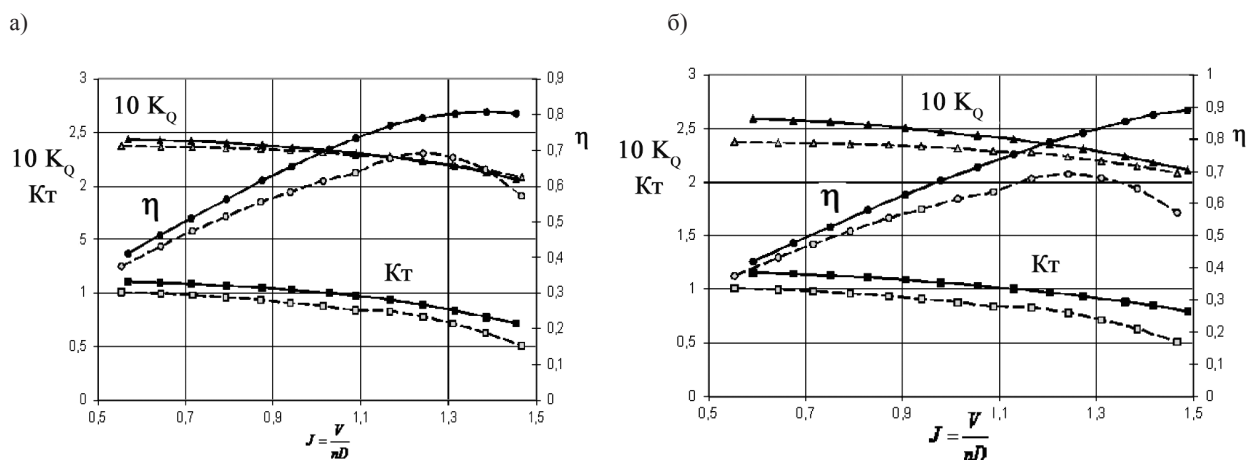


Рис. 4. Сравнение гидродинамических характеристик рабочих колес водометного движителя 8368 (а) и 8294 (б) при  $n = 20 \text{ с}^{-1}$   
Условные обозначения: — — — — соответствующее рабочее колесо;  
— — — — 24-лопастное рабочее колесо

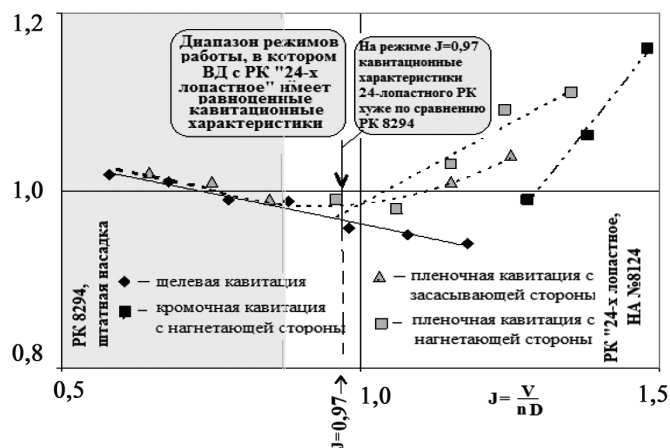


Рис. 5. Сравнение кавитационных характеристик ВД с РК 24-лопастное и ВД с РК № 8294

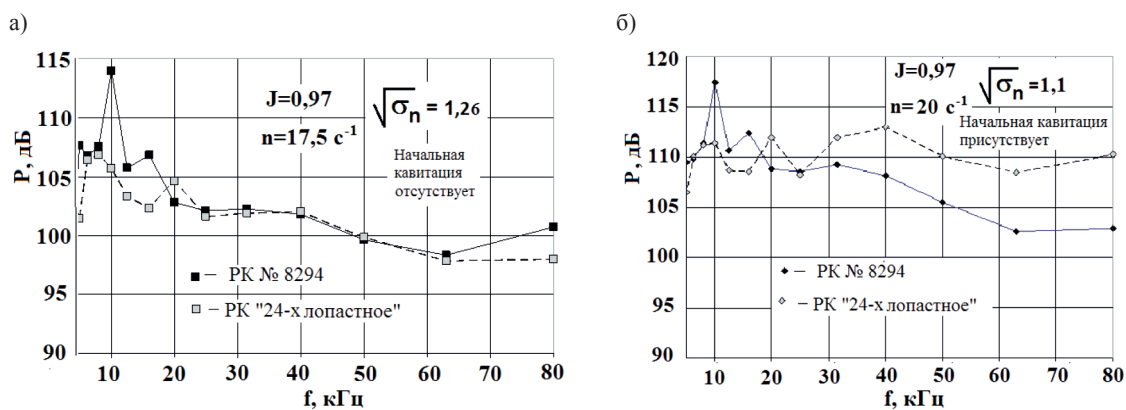


Рис. 6. Уровни шума в 1/3 октавной полосе частот ВД, оснащенного поочередно РК № 8294 и РК 24-лопастное с НА № 8124:  
а — при отсутствии начальной кавитации; б — при наличии начальной кавитации

На рис. 7 приведены эскизы размещения рабочего колеса в проточной части ВД [2], на рис. 8 показан общий вид созданного РК модели ВД [1].

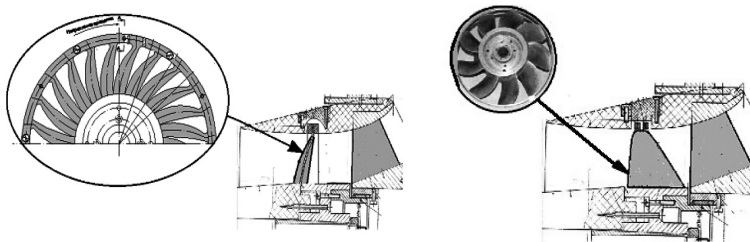


Рис. 7. Эскизы размещения РК в проточной части ВД

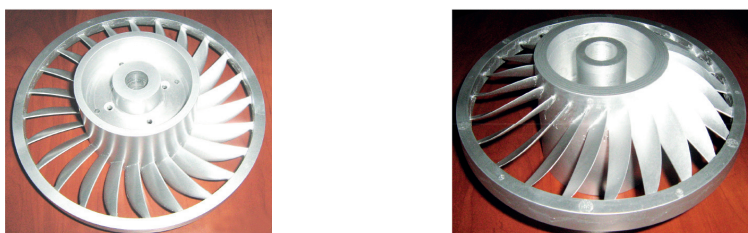


Рис. 8. Общий вид созданного РК модели ВД

При проведении сравнительных испытаний не производилось измерение переменных сил на лопастной частоте работы модели РК непосредственно, а были получены косвенные сравнительные экспериментальные данные, относящиеся к акустическим записям в 1/3 октавной полосе частот. На рис. 7 и 8 показаны записи работы РК в режиме  $J = 0,97$ , из которых видно, что с увеличением частоты вращения РК с  $n = 17,5 \text{ с}^{-1}$  до  $20 \text{ с}^{-1}$  при  $J = 0,97$  с развитием кавитации наблюдается подъем уровней шума в высоком диапазоне частот (см. рис. 6, б). Вместе с тем обращает на себя внимание тот факт, что при отсутствии кавитации (см. кривые уровней на рис. 6, а) многолопастный РК имеет меньшие уровни шума в диапазоне частот 4–19 кГц и 62–80 кГц по сравнению с традиционным вариантом. Этот же результат в диапазоне частот 4–19 кГц наблюдается и на рис. 6, б, при наличии начальной стадии кавитации. Это подтверждается результатами визуального ее наблюдения, представленными на рис. 5.

Эффект снижения уровней шума в указанном диапазоне частот можно объяснить тем, что РК за счет большего числа лопастей менее чувствителен с точки зрения возникновения на нем переменных гидродинамических сил при работе в неравномерном поле скоростей в месте его расположения. Поэтому менее активен акустически с точки зрения силового шумоизлучения в отсутствии кавитации. Имеющееся различие в гидродинамических характеристиках многолопастного РК и традиционного РК в режиме  $J = 0,97$  (см. рис. 4) по выполненным оценкам не имеет принципиального значения на сделанный вывод в отношении переменных сил. При этом необходимо учитывать, что число лопастей проектируемого движителя следует назначать с учетом наличия соответствующих гармоник в неравномерном потоке и ухода от резонансных частот корпуса судна. Бесконечное увеличение числа лопастей движителя может оказаться в общем случае нецелесообразным.

### Заключение (Conclusion)

Представленные результаты показывают, что наряду с бесшумным распределением нагрузки вдоль радиуса движителя увеличение числа лопастей может рассматриваться как средство, направленное на снижение его шумности. Однако если первое средство главным образом используют для снижения кавитационного шума и увеличения тем самым критической скорости корабля (судна), то второе можно рассматривать как средство, уменьшающее виброактивность движителя и снижающее уровни низкочастотного шума. Оба направления в снижении шума сопровождаются уменьшением пропульсивного качества движителя.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мышинский Э. Л. Борьба с вибрацией и шумом в инженерной практике / Э. Л. Мышинский. — СПб: ЦНИИ им. А. Н. Крылова, 2011. — 239 с.
2. Савенко В. В. Электродвижение и малошумность / В. В. Савенко // Труды Крыловского государственного научного центра. — 2017. — № 1 (379). — С. 134–140.
3. Пинчук А. Н. Выравнивание потока в месте расположения движителей путем подачи газа в гидродинамический след от выступающих частей корпуса судна / А. Н. Пинчук, В. К. Коржев, Л. И. Вишневский // Эксплуатация морского транспорта. — 2018. — № 4 (89). — С. 79–90.
4. Zapevalov A. S. Modeling the spectrum of infrasonic hydroacoustic radiation generated by the sea surface under storm conditions / A. S. Zapevalov, K. V. Pokazeev // Acoustical Physics. — 2016. — Vol. 62. — Is. 5. — Pp. 554–558. DOI: 10.1134/S1063771016050195.
5. Mel'nikov N. P. Mesoscale spatial variability in seawater cavitation thresholds / N. P. Mel'nikov, V. P. Elistratov // Acoustical Physics. — 2017. — Vol. 63. — Is. 2. — Pp. 196–203. DOI: 10.1134/S1063771017010092.
6. Коржев В. К. Особенности гидродинамики и акустики, нетрадиционных корабельных гребных винтов с подвижным креплением лопастей к ступице / В. К. Коржев, Л. И. Вишневский // Сборник научных трудов ЧВВМУ им. П. С. Нахимова. — Севастополь, 2016. — Вып. № 2. — С. 84–92.
7. Тогуняц А. Р. Модельные исследования гидродинамических характеристик многофункционального двухступенчатого лопастного движителя за корпусом судна / А. Р. Тогуняц, Л. И. Вишневский, С. В. Капранцев // Морской вестник. — 2016. — № 4 (60). — С. 35–38.
8. Лобачев М. П. Проектирование и гидродинамический расчет водометных движителей / М. П. Лобачев, А. А. Русецкий, А. Ю. Яковлев. — СПб: ЦНИИ им. А. Н. Крылова, 2014. — 141 с.

9. Zapevalov A. S. Radar measurements of the vibration amplitude / A. S. Zapevalov, A. N. Pinchuk, V. M. Burdyugov // *Technical Physics*. — 2018. — Vol. 63. — Is. 12. — Pp. 1851–1853. DOI: 10.1134/S1063784218120216.

10. Тогуняц А. Р. Гидродинамические аспекты работы соосных гребных винтов противоположного вращения с электрической передачей мощности / А. Р. Тогуняц, Л. И. Вишневский // *Морской вестник*. — 2018. — № 3(67). — С. 83–86.

11. Вишневский Л. И. Практические возможности устранения щелевой кавитации в водомётных двигателях насосного типа / Л. И. Вишневский, В. П. Ильин, О. П. Орлов, В. Г. Хорошев, А. В. Чалов // Межведомственная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы военной науки и политехнического образования ВМФ». Ч 2: Труды конференции. — СПб: ВМА им. Н. Г. Кузнецова, 2015. — С. 108–116.

12. Вишневский Л. И. Нетрадиционные судовые гребные винты, разработанные на основе подвижного крепления лопастей к ступице / Л. И. Вишневский // Математические модели и их приложения: сборник научных трудов, посвященный 80-летию со дня рождения А. Г. Терентьева. — Чебоксары: Чувашский государственный ун-т им. И. Н. Ульянова, 2016. — С. 46–83.

## REFERENCES

1. Myshinskii, E. L. *Bor'ba s vibratsiei i shumom v inzhenernoi praktike*. SPb: TsNII im. Krylova A. N., 2011.
2. Savenko, Valentin Viktorovich. "Electric propulsion and low noise." *Proceedings of Krylov state scientific center* 1(379) (2017): 134–140.
3. Pinchuk, A. N., V. C. Korzhev, and L. I. Vishnevsky. "Flow alignment in motor position through a gas supply to a hydrodynamic next from serving parts of ship's housing." *Ekspluatatsiya morskogo transporta* 4(89) (2018): 79–90.
4. Zapevalov, A. S., and K. V. Pokazeev. "Modeling the spectrum of infrasonic hydroacoustic radiation generated by the sea surface under storm conditions." *Acoustical Physics* 62.5 (2016): 554–558. DOI: 10.1134/S1063771016050195.
5. Mel'nikov, N. P., and V. P. Elistratov. "Mesoscale spatial variability in seawater cavitation thresholds." *Acoustical Physics* 63.2 (2017): 196–203. DOI: 10.1134/S1063771017010092.
6. Korzhev, V. K., and L. I. Vishnevskii. "Osobennosti gidrodinamiki i akustiki, netraditsionnykh korabel'nykh grebnykh vintov s podvizhnym krepлением lopastei k stupitse." *Sb. nauch. tr. ChVVMU im. P.S. Nakhimova*. Is. 2. Sevastopol', 2016. 84–92.
7. Togunyats, A. R., L. I. Vishnevskii, and S. V. Kaprantsev. "Model'nye issledovaniya gidrodinamicheskikh kharakteristik mnogofunktsional'nogo dvukhstupenchatogo lopastnogo dvizhitelya za korpusom sudna." *Morskoi vestnik* 4(60) (2016): 35–38.
8. Lobachev, M. P., A. A. Rusetskii, and A. Yu. Yakovlev. *Proektirovanie i gidrodinamicheskii raschet vodometnykh dvizhitelei*. SPb: TsNII im. Krylova A. N., 2014.
9. Zapevalov, A. S., A. N. Pinchuk, and V. M. Burdyugov. "Radar Measurements of the Vibration Amplitude." *Technical Physics* 63.12 (2018): 1851–1853. DOI: 10.1134/S1063784218120216.
10. Togunyats, A. R., and L. I. Vishnevskii. "Gidrodinamicheskie aspekty raboty soosnykh grebnykh vintov protivopozlozhnogo vrashcheniya s elektricheskoi peredachei moshchnosti." *Morskoi vestnik* 3(67) (2018): 83–86.
11. Vishnevskii, L. I., V. P. Il'in, O. P. Orlov, V. G. Khoroshev, and A. V. Chalov. "Prakticheskie vozmozhnosti ustraneniya shchelevoi kavitatsii v vodometnykh dvizhitelyakh nasosnogo tipa." *Mezhvedomstvennaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya «Aktual'nye problemy voennoi nauki i politekhnikeskogo obrazovaniya VMF»*. Chast' 2: Trudy konf. SPb: VMA im. Kuznetsova N.G., 2015. 108–116.
12. Vishnevsky, L. I. "Propellers making using free connection of blades to the hub." *Matematicheskie modeli i ikh prilozheniya: sbornik nauchnykh trudov: posvyashchaetsya 80-letiyu so dnya rozhdeniya A. G. Terent'eva*. Cheboksary: Chuvashskii gosudarstvennyi universitet imeni I. N. Ul'yanova, 2016. 46–83.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Пинчук Александр Николаевич** —  
кандидат технических наук  
Черноморское высшее военно-морское ордена  
Красной Звезды училище имени П. С. Нахимова  
299028, Российская Федерация, г. Севастополь,  
ул. Дыбенко, д. 1-а  
e-mail: [sir.leks-65@yandex.ru](mailto:sir.leks-65@yandex.ru)

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Pinchuk, Alexander N.** —  
PhD  
Nakhimov Black Sea Higher  
Naval School  
1 Pavla Dybenka Str, Sevastopol, 299028,  
Russian Federation  
e-mail: [sir.leks-65@yandex.ru](mailto:sir.leks-65@yandex.ru)

**Коржев Виктор Клавдиевич —**

доктор технических наук, профессор  
Черноморское высшее военно-морское ордена  
Красной Звезды училище имени П. С. Нахимова  
299028, Российская Федерация, г. Севастополь,  
ул. Дыбенко, д. 1-а  
e-mail: korvk@mail.ru

**Вишневский Леонид Иосипович —**

доктор технических наук, профессор  
ФГУП «Крыловский государственный  
научный центр»  
196158, Российская Федерация,  
г. Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44  
e-mail: vishli@yandex.ru

**Korzhev, Victor K. —**

Dr. of Technical Sciences, professor  
Nakhimov Black Sea Higher  
Naval School  
1 Pavla Dybenka Str, Sevastopol, 299028,  
Russian Federation  
e-mail: korvk@mail.ru

**Vishnevsky, Leonid Y. —**

Dr. of Technical Sciences, professor  
Krylov State  
Research Centre  
44, Moskovskoe shosse, St. Petersburg,  
196158, Russian Federation  
e-mail: vishli@yandex.ru

*Статья поступила в редакцию 18 января 2019 г.*

*Received: January 18, 2019.*