РАЗДЕЛ I. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Бимбереков П.А.

Экспериментальные исследования к вопросу моделирования корабельных волн и расчёту волнового сопротивления судна

Сибирский государственный университет водного транспорта

doi10.18411/scc-09-2018-01

idsp000001:scc-09-2018-01

Аннотация

Представлены и обсуждаются фотоматериалы фиксации волновой картины от двух последовательно расположенных стоек, от этих же стоек с промежуточной тонкой пластиной и у пластины с габаритной длиной и толщиной как у стоек и с формой оконечностей стоек.

Расчёт волнового сопротивления производят как в линейной постановке, так и по теориям более высокого порядка. Наиболее используемой, в настоящее время, считается схема расчёта в линейной постановке, предложенная Джоном Генри Мичеллом при принятии гипотезы «тонкого судна», постулирующим малость возмущений, вносимых движущимся узким корпусом корабля, связанная с кельвиновскими системами волн от оконечностей судна. Считается, что принятые Мичеллом допущения приемлемы для судов с относительным удлинением $L/B > 9$, коэффициентом общей полноты $\square < 0,55$, $Fr > 0,33$ [1, С.72]. Такие параметры судна не характерны для большинства транспортных судов, однако удобство практического расчёта по схеме Мичелла при вполне допустимой точности обуславливают её широкое использование в существующих расчётных компьютерных программах. Описание образования корабельной системы волн успешно произведено и при помощи теории размерностей, представляющей вариант моделирования корабельных волн перемещающимся импульсом давлений [2, С.39-44], т.е. представлением корпуса судна в виде источника (точнее группы источников) возмущения, рис.1.

Наблюдения показывают [1, С.72], [3, С.271,272], что область зарождения поперечных волн в носовой оконечности представляет собой возвышение свободной поверхности, расположенное в корму от форштевня примерно в месте наибольшей кривизны судовой поверхности.

Установление достаточно точного положения точки зарождения волн в носовой и кормовой оконечностях в зависимости от формы обводов перспективная задача. Собственно установление точек зарождения носовой и кормовой системы волн, вероятно, приведёт к использованию в расчёте волнового сопротивления судна некоторой приведённой длины, несколько отличающейся от действительной расчётной длины судна по конструктивной ватерлинии.

Обсудим позиции, по которым можно искать положение области, а точнее условной точки зарождения корабельной системы волн.

Заметим, что носовая волна искажена смещением части жидкости по ходу движения, как бы срезанием и перемещением по некоторым траекториям определённого вытесненного объёма воды, зависящего от формы и погружения носовой оконечности, а также скорости движения судна. Допустим существование принципа локальности эффекта самоуравновешенных внешних нагрузок на форму деформации свободной поверхности (аналогичного по своей сути принципу Сен-Венана в теории упругости), предполагающего незначительность влияния

распределения этих нагрузок на форму деформаций свободной поверхности на достаточном удалении от места их приложения. Предположим таким образом, что влияние на форму волны формы корпуса перестает практически иметь место после некоторой по счёту, например третьей волны в носовой оконечности судна. Исходя из этого, можно разделить образующие импульсы волновой картины как от точечного источника некоторой интенсивности, связанной с водоизмещением его образующих оконечностей, и наложением на него специфичной волны и прочих воздействий (например, брызгового), зависящих от конкретной формы оконечностей непосредственно и вблизи них. Поэтому место положения точки зарождения волн в носовой, да и кормовой оконечности при практическом определении, возможно, правильней производить по ряду эквидистантно идущих последующих поперечных волн, с учётом фиксируемой длины волны у волновой картины свободной поверхности воды.

α – угол линии средин гребней расходящихся волн с диаметральной плоскостью (ДП) судна (жирные отрезки);
 β – угол гребней расходящихся волн с диаметральной плоскостью судна;
 Рис. 1. Носовая и кормовая система кельвиновских волн

Попробуем наметить экспериментальные исследования для определения искомой зависимости положения условной точки зарождения волн от формы обводов корпуса. Очевидно, что следует погружать и прогнать стойки разных размеров круглого, квадратного, прямоугольного, ромбовидного, эллиптического и т.д. сечения с разными углами стоек в плане к направлению движения, в том числе пластин, все с разным заглублением и вертикальным наклоном в продольном, поперечном и произвольном направлении к направлению движения. Интересным будет и прогонка разно погруженных конусов различных форм и размеров. Далее, следует разработать эксперимент прогонкой пары стоек указанных сечений на разных расстояниях друг за другом. Затем объекты с теми же обводами носовой оконечности, но при наличии за ними цилиндрической вставки с вероятно типовой для всех вариантов кормовой оконечностью, чтобы кормовая оконечность имела одинаковое влияние и не мешала сравнению. Фиксацию волновой картины, вероятно, целесообразно производить фотограмметрическим методом.

Интересен с этой точки зрения выбор скоростей, при которых происходит полное наложение поперечных волн порождаемых стойками или оконечностями и возможно, при смещении на половину длины волны, что поможет определить место нахождения импульса у оконечностей. Возможно также допустить, что фиксация распределения давления на поверхности объектов также поможет в определении точек зарождения систем волн.

Отдельные позиции из намеченных выше были исследованы в опытовом бассейне СГУВТ (в то время НГАВТ) в 2006...2007 гг. Часть материалов этих экспериментов представлена в [4]. Оставленные на время фотоматериалы, перечень исследованных вариантов по которым сведен в таблицу, рассматриваются в данной работе.

Таблица

Сводные данные по экспериментам по фиксации волновой картины на свободной поверхности воды от различных движущихся источников

№	Варианты эксперимента	Результат	Примечание
1	Пара последовательно расположенных стоек каплевидной формы с при расстоянии между их носами 1000 мм, длиной горизонтального сечения у стоек ~40 мм.	Подтвердили образование корабельной картины волн при прогонке стоек, т.е. при отсутствии корпуса между оконечностями, зафиксированной ранее профессором А.Ш. Готман	Отдельные специалисты высказывали сомнения в результате, полученном профессором А.Ш.Готман без наличия подтверждающих фотоматериалов
2	Тоже с установленной пластиной толщиной 4 мм между стойками	Наличие пластины видимо не повлияло на волновую картину	Дополнительная позиция в подтверждение обоснованности расчётной имитации процесса волнообразования представлением судна в виде носового и кормового импульса давления
3	Пластины с габаритным размером как у пары стоек и оконечностями стойки п.1	Наличие цилиндрической вставки видимо не повлияло на волновую картину	

Приведём с обсуждением некоторые результаты данных исследований. На рис.2 а, б представлены фотографии соответственно прогонки в опытовом бассейне пары стоек вперёд тупым и острым концами горизонтального сечения. На рис.2а, задняя по ходу движения стойка находится на вершине поперечной волны от носовой стойки, при этом отходящие от неё самой поперечные волны располагаются со смещением примерно на половину длины волны по отношению к поперечным волнам первой стойки. На рис. 2б задняя по ходу движения стойка находится во впадине между поперечными волнами от первой стойки, при этом вершины поперечных волн практически совпадают. Поскольку наукой постулирована равная длина волны при движении объектов с равными скоростями, то считаем, установленным, что в случае принятия положения импульса давления (зарождения волн) в пределах погруженной части самих стоек обратным отсчётом по волновой картине получаем зарождение волн с положения импульса около впадины волнового профиля. Для сравнения отметим, что положение условной точки нахождения импульса при вертикальном частичном погружении шара в воду, очевидно, находится во впадине, которую занимает погруженная часть шара. Таким образом, условная точка зарождения волн вполне может находиться во впадине волнового профиля.

Следующая фотография (рис.3), с установленной уже между стойками пластиной даёт примерно такой же результат, как и рис.2б.

На рис.4 представлена прогонка пары стоек вперёд острым концом горизонтального сечения. Отметим, что естественным образом возникшая на поверхности воды опытового бассейна тонкая плёнка, получившая в результате ранее сделанных прогонок направленную структуру вдоль бассейна, позволила (неожиданно для экспериментаторов) лучше визуализировать деформации свободной поверхности воды, получить более очерченные её формы в условиях созданного освещения.

Другим подходом к определению положения точки зарождения волн может быть допущение того, что точка зарождения волны - условный (фиктивный) импульс, от которого исходят волны, может выходить за пределы погруженного объёма, в данном случае стойки, и располагается на некотором расстоянии перед стойкой, возможно, на отсчитанной по волновому полю вершине волны перед стойкой или даже далее, в месте воздействия на невозмущённую поверхность подпорной носовой волной. Положение фиктивной точки приложения сосредоточенной силы за пределами нагружаемого тела использовалось, например, в [5], [6], при оценке напряжённого состояния материала и

дало положительный результат. Возможно, и здесь такой подход после соответствующей проработки также даст удовлетворительный результат.

Рис.2. Прогонки пары стоек: а) вперёд острым концом; б) тупым концом; в) внутренние малые поперечные волны (из а) увеличено)

Рис.3. Прогонка пары стоек вперёд тупым концом при установке между стойками пластины (толщиной 4 мм)

Рис.4. Прогонка пары стоек вперёд острым концом

На рис.2а произведём оценочное восстановление фиктивной точки импульса давления соответствующей схеме рис.1. Для этого наложим на волновое поле размерные линии в ДП между вершинами волн пары стоек, начиная с первой вершины от передней стойки (в зоне расположения задней по ходу движения стойки для большей достоверности размерную линию сместим от ДП, а после перенесём в ДП). Далее снимем размеры этих линий для аппроксимации получаемых размеров и прогнозирования положения вершины волны около передней стойки. В результате получено значение размеров искомой размерной (пунктирной на рис.1а) линии указавшей положение фиктивной вершины поперечной волны, предшествовавшей первой за передней стойкой (рис.1).

Принципиально, при моделировании точки зарождения волны фиктивной точкой импульса давления нельзя заранее отказаться и не допустить её смещение в корму от форштевня, например, при больших скоростях движения, когда скорость движения будет превосходить скорость распространения волн по поверхности жидкости.

На рис. 5, 6 представлены фотографии вида сбоку прогонки пары стоек вперёд острым и тупым концом при установке между стойками пластины, там же приведены в увеличенном масштабе фотографии обтекания оконечностей для данных случаев эксперимента.

в)

а) полное изображение; б) укрупнено передняя стойка; в) укрупнено задняя стойка, Рис.5. Прогонка пары стоек вперёд острым концом при установке между стойками пластины (толщиной 4 мм)

На рис.5а,б и 6б отмечены размерными линиями длины волн между их вершинами в пределах стоек с продолжением вперёд за носовую стойку, при этом полученная точка совпала с вершиной подпорной волны если не учитывать её местный подъём у стойки. На рис.6б дополнительно отложена размерная линия вперёд за вершину подпорной волны, как представляется автору к зоне её зарождения.

а)

б)

в)

а) полное изображение; б) укрупнено передняя стойка; в) укрупнено задняя стойка
Рис. 6. Прогонка пары стоек вперёд тупым концом при установке между стойками пластины (толщиной 4 мм)а

На рис.7 представлены фотоматериалы по прогонке пластины согласно п.3 таблицы, где различное освещение волновой картины выявляет её структуру по-разному.

а)

б)

*Рис.7. Прогонка пластины с габаритным размером как у пары стоек
острым концом вперёд*

На рис.7а хорошо видно поле капиллярных волн ориентированных по корабельным волнам, преимущественно параллельно расходящимся волнам и судя по рис.9б занимающих поле между грядой расходящихся волн до границы с углом расходящихся волн от диаметральной плоскости пластины исходящим из точки перед её носом. Также из рис.7а видно, что расходящиеся волны представляют собой продолжение поперечных волн, повёрнутое на соответствующий угол. Капиллярные волны идут перед каждой волной, при этом капиллярные волны внутри поперечных волн, визуальнo более расплывчаты, очевидно, вследствие их деформации и турбулизации потока. Во впадине между основными волнами (см. также рис.8,9) видны гребни дополнительных менее высоких волн. Выскажем предположения об источнике, продуцирующем эти волны.

а)

б)

а) изображение всего волнового поля, б) укрупненное изображение поля волн в пределах пластины

Рис.8. Прогонка пластины с габаритным размером как у пары стоек тупым концом вперед

Из рис.8,9 видно, что линия, условно проведенная по концам дополнительных волн несколько отстоит от аналогичной, проведенной по концам основных волн при примерном сохранении у них единого угла α (см. рис.1). Следовательно, можно заключить, что источник дополнительных волн находится после источника основных волн. Положение этих источников можно оценить доведением указанных линий к диаметральной плоскости пластины. Так положение источника основных волн можно оценить находящемся перед носовым перпендикуляром пластины, как и источника дополнительных волн. Отметим у стоек (рис. 2в) тоже наличие дополнительной внутренней малой поперечной волны.

а)

б)

а) вперёд тупым концом; б) вперёд острым концом

Рис.9. Прогонка пластины с габаритным размером как у пары стоек

На рис.7б можно обратить внимание на визуально фиксируемую границу, отходящую от первой за носовым перпендикуляром основной волны, возможно от её буруна у пластины, и сглаженным за ней к пластине волновым полем. Из рисунков 8,9 видно, что поле сглаженных волн идет с углом α (см. рис.1). от носового перпендикуляра или источника в пределах первой длины волны в нос от первой вершины поперечных волн в пределах пластины.

Отметим также, что на рис. 8а нахождение оконечности пластины у гребня волны, как это было ранее зафиксировано у стоек, ведёт к смещению продуцируемого от неё волнового поля примерно на половину длины волны относительно волнового поля от носовой оконечности. В то же время расположение носовой оконечности во впадине волнового поля (рис.9) ведёт к наложению вершин волн продуцируемых оконечностями независимо от направления движения для её оконечностей.

Заключение. Итак, анализируя волновые картину от стоек и пластины, было обращено внимание на наличие дополнительных малых промежуточных поперечных волн и зоны сглаживания поперечных волн в пределах угла α , исходящей из точки в носовой оконечности пластины в пределах одной длины волны, были сделаны допущения о наличии источников волнообразования как перед носом стоек или пластины, от их носового перпендикуляра и в пределах одной длины волны от носового перпендикуляра пластины, оценена форма и зона распространения капиллярных волн. Можно надеяться, что какие-то из указанных источников возмущений, возможно, смогут объяснить и известное сглаживание кривой волнового сопротивления при малых числах Фруда.

Автор, не являясь специалистом по волнам и волновому сопротивлению, счёл целесообразным представить научной общественности наблюденные моменты картин волнового поля, полученные в ходе экспериментов в опытовом бассейне и дать свои суждения по ним с целью обсуждения полученных результатов.

Благодарности. Автор выражает благодарность М.Т. Азимбаеву, А.Ю. Кононенко, Е.Н. Крыловой за участие в указанный выше период времени в обсуждаемых в данной работе экспериментальных исследованиях. Особую признательность автор выражает профессору А.Ш. Готман за подвижничество в

исследовании проблемы волнового сопротивления судов и привлечение других к этой увлекательной тематике.

1. Ходкость и управляемость судов: Учебник для вузов / Под ред. В.Г.Павленко. – М.: Транспорт, 1991. – 397 с.
2. Эпштейн, Л.А. Методы теории размерностей и подобия в задачах гидромеханики судов / Л.А. Эпштейн. – Л.: Судостроение, 1970. – 207 с.
3. Справочник по теории корабля: В трех томах. Том 1. Гидромеханика. Сопротивление движению судов. Судовые движители / Под ред. Я.И. Войткунского. – Л.: Судостроение, 1985. – 768 с.
4. Готман, А.Ш. Численные и экспериментальные исследования механизма влияния вязкости на корабельные волны / А.Ш. Готман, П.А. Бимбереков, А.Ю. Кононенко, М.А. Титов, М.Т. Азимбаев, Е.Н. Крылова // Морской вестник, 2007. – № 2 (22). – С. 76-79.
5. Степанов, В.Г. Поверхностное упрочнение корпусных конструкций / В.Г. Степанов, М.И. Клестов. – Л.: Судостроение, 1977. – 197 с.
6. Бимбереков, П.А. Зависимость для определения глубины наклепанного слоя на основе модели напряженного состояния полубесконечного тела под индентором / П.А. Бимбереков // Новосибирская гос. акад. водного трансп., сб. тезисов докладов науч.-практич. конференции «Современные проблемы технических наук». – Новосибирск, 1996. – С. 113,114.

Бубнов Е.А., Чаленко Г.И.

Получение масла из семян табака

*Всероссийский НИИ табака, махорки и табачных изделий
(Россия, Краснодар)*

doi 10.18411/scc-09-2018-02

idsp 000001:scc-09-2018-02

Основным целевым продуктом при культивировании табака является табачный лист. С целью повышения урожайности рекомендуется удалять соцветия табака. Однако многие производители этого не делают, и в результате, на растениях табака вызревают семена, которые в народно-хозяйственном назначении не используются, кроме как для дальнейших посадок табака. Учитывая, что табак является самой распространенной технической культурой в мире, (по приблизительным оценкам площадь под табаком составляет около 5 млн. га), количество отходов в виде семян – огромно. Так, по разным источникам урожайность табака по семенам составляет 2 – 6 ц/га. Таким образом, мировое производство семян может составлять порядка 2 млн.т. В таблице 1 представлен химический состав семян табака [1].

Таблица 1

Химический состав семян табака

Компонент	Содержание, %
Вода	6 – 10
Масло	34 – 37
Белки	19 – 22
Зола	4 – 7
Клетчатка	до 20
Безазотистые экстрактивные вещества	10 – 12
Сорность	5 – 9

Анализ таблицы 1 показывает, что масличность семян табака достаточно высокая и составляет порядка 35%, так например, для подсолнечника – 35 – 55%, сои – 20 – 25%.

Исследований перспектив использования семян табака незначительно. Широкое распространение получило направление использования масла семян табака в качестве биотоплива.