



А.С. Баев
Санкт-Петербургский государственный
морской технический университет

ОСОБЕННОСТИ ПРИВОДА АЗИМУТАЛЬНЫХ ПРОПУЛЬСИВНЫХ СИСТЕМ

Рассмотрены задачи и современные требования к портовым буксирам. Обоснован тип привода движителей азимутальных буксиров. Рассмотрена конструкция полноповоротных винторулевых колонок с открытыми винтами фиксированного шага.

Азимутальные буксиры, винторулевые колонки, привод винтов фиксированного шага.

Ровно 30 лет назад автор, в то время старший научный сотрудник Института проблем транспорта Российской академии наук (ИПТРАН), был назначен руководителем группы по оценке «существующего состояния внутренних водных путей и возможности их использования для обеспечения работы порта на Балтике» (в то время так именовался будущий порт Усть-Луга), а в 2004 году, работая заместителем генерального директора по судостроению и судоремонту судоходного холдинга ОАО «Северо-Западное пароходство», был привлечен к разработке концепции создания и эксплуатации вспомогательного технического флота Морского торгового порта «Усть-Луга» (МТП «Усть-Луга»).

В первом случае были разработаны необходимые мероприятия по обеспечению перевозок для нового морского порта речным транспортом [1], а во втором – обоснована концепция строительства и эксплуатации пилотной серии судов технического флота МТП «Усть-Луга» [2].

В соответствии с нормативами проектирования портов для обеспечения работы первой очереди МТП «Усть-Луга» требовался флот из 32 судов, ядром которого являлись портовые буксиры-кантовщики (далее – портовые буксиры).

Портовые буксиры решают самые разнообразные задачи, а именно:

- проводка судов, выполнение швартовых операций и морские буксировки;
- ледокольный сервис (проводка, околка льда в порту);
- ликвидация аварийного разлива нефтепродуктов (ЛАРН);
- доставка на суда и снятие оборудования;
- гидрографические и водолазные работы;
- несение вахты по пожаробезопасности и ЛАРН;
- аварийно-спасательные работы.

Для выполнения этих задач предварительно были определены рациональные типы буксиров для МТП

«Усть-Луга», в частности расчетным путем было обосновано, что в составе портофлота целесообразно иметь буксиры с суммарной мощностью главных двигателей от 2 до 5 МВт. Кроме того, при корректировке состава портофлота были учтены инновационные требования к буксирам, а именно:

- высокая маневренность;
- динамическое позиционирование;
- быстрый переход от режима толкания к режиму тяги и наоборот;
- возможность обеспечения эффективной тяги в любом направлении;
- надежность работы пропульсивного комплекса;
- многофункциональность (работа в режимах портовом, эскортном и т.д.)
- отсутствие риска касания винтами корпуса обслуживаемого судна;
- простота обслуживания и управления;
- возможность «бесконтактных» операций с обслуживаемым судном посредством воздействия струи винта и т.д.

Этим требованиям наиболее полно удовлетворяли появившиеся в начале XXI века в отечественном портовом сервисе буксиры с азимутальным принципом движения (далее – азимутальные буксиры).

Анализ рынка портового сервиса Восточной Балтики и возможностей судостроительных предприятий региона позволил сделать выбор в пользу строительства азимутальных буксиров на заводе ОАО «Судостроительный завод „Пелла“» (далее – завод «Пелла»), который к тому времени классифицировал в Российском морском регистре судоходства (РМРС) два проекта азимутальных буксиров (табл.).

Конструктивно азимутальный принцип движения судов реализуется за счет использования в составе их судовых пропульсивных комплексов (СПК) полноповоротных винторулевых колонок (ВРК), которые обеспечивают полный упор гребных винтов при повороте колонок от 0 до 360 градусов.

Проектные показатели азимутальных буксиров завода «Пелла» [3]

Наименование параметра	№ проекта	
	90600	16609
Класс РМРС	КМ*Arc4 R3 AUT3 Tug	КМ*Arc4 R2 AUT3 Escort Tug
Водоизмещение, т	300	500
Длина наибольшая, м	25,4	29,5
Ширина наибольшая, м	8,8	9,5
Высота борта, м	4,7	4,8
Осадка кормой (Т), м	3,8	4,3
Тяговое усилие (F), т	35	55
Скорость, уз	11,5	12
Мощность главных двигателей, МВт	2×1,1	2×1,6
Мощность дизель-генераторов, КВА	2×80	2×145
Возможный диапазон номинальных частот коленчатых валов главных двигателей n_n , об/мин	1200–1800	1200–1800
Необходимый диапазон передаточных чисел ВРК (i)	3,40–5,10	3,48–5,22

ВРК представляют собой объединение движительного и рулевого устройств в одном агрегате. В таком составе винторулевые колонки исполняют роль активных средств управления судном, вплоть до его разворота на месте.

По типу привода гребного винта ВРК разделяются на колонки с электрическим и механическим приводом.

Особенностью электроприводных ВРК является размещение электродвигателя, который обеспечивает непосредственный привод чаще одного, а иногда и двух гребных винтов, в гондоле колонки.

По составу движителей ВРК разделяются на колонки с открытыми одиночными винтами фиксированного шага (ВФШ), с соосными ВФШ противоположного вращения и с гребными ВФШ в направляющих насадках. ВРК с ВФШ в насадках поставляются также и с гребными винтами регулируемого шага.

При подборе ВРК, наряду с их конструктивными особенностями, определяющими являются передаваемая мощность и передаточное число, необходимое значение которого, зная тяговое усилие (F) и осадку (Т), в первом приближении можно определить с помощью известного соотношения [4]:

$$i = n_n(T)^2 / (860 * F^{0,5}),$$

где i – необходимое передаточное число ВРК (отношение частот вращения входного вала ВРК и движителя);

n_n – номинальная частота вращения коленчатого вала главного двигателя, об/мин.

В таблице приведены результаты обоснования возможного диапазона передаточных чисел ВРК для буксиров завода «Пелла» с учетом того, что, поскольку размеры машинных отделений, равно как и самих буксиров, ограничены, то обычно в качестве их главных двигателей используются судовые дизели повышенной оборотности с удельной массой менее 5 кг/кВт. Так, на буксирах корпорации «Damen» – мирового лидера по азимутальным буксирам – широко применяются судовые дизели фирмы «Caterpillar» с номинальной частотой вращения коленчатых валов от 1200 до 1800 об/мин.

Анализ рынка винторулевых колонок показал, что необходимому диапазону передаточных чисел (табл.) и требуемому мощностному показателю буксиров для МТП «Усть-Луга» в наибольшей степени удовлетворяют механические ВРК «Aquamaster», которые по-

ставляются с передаточными числами от 3,30 до 6,10 при возможной передаваемой мощности до 3 МВт.

В связи с этим, учитывая, что диапазоны передаточных чисел проектов отличаются незначительно (табл.), на буксирах завода «Пелла» были применены унифицированные (одного и того же типоразмера) ВРК с механическим приводом открытых одиночных гребных винтов фиксированного шага посредством Z-образной зубчатой передачи (рис. 1).

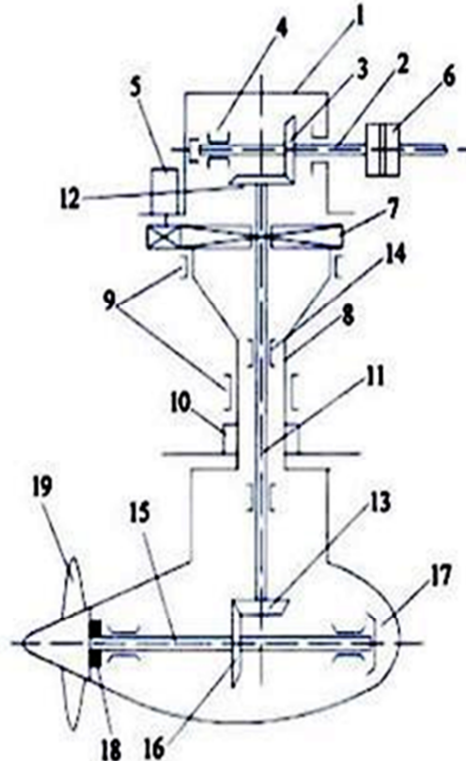
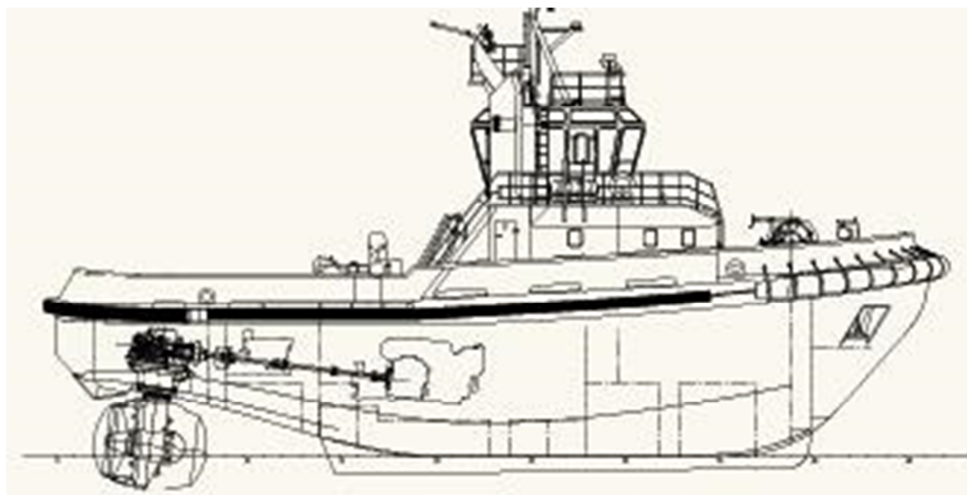
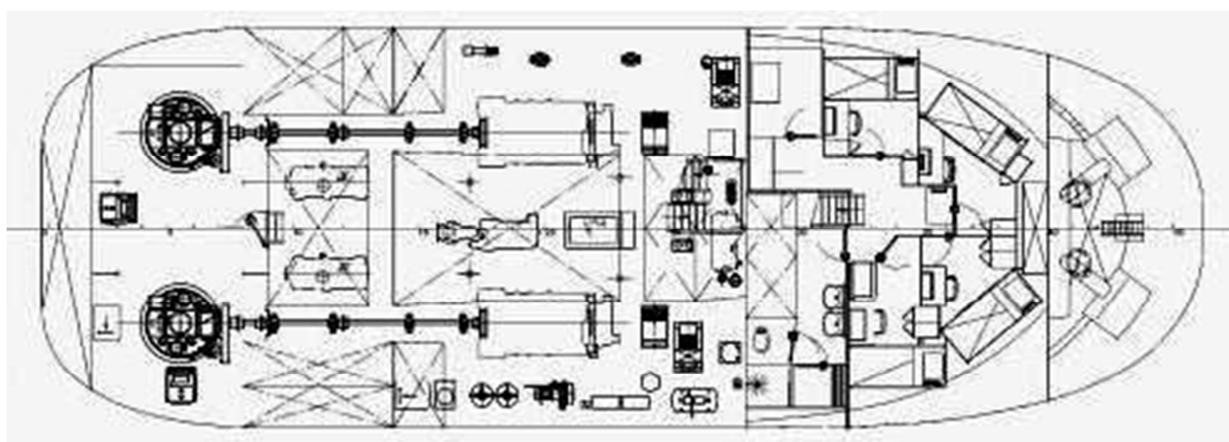


Рис. 1. Винторулевая колонка с механической передачей мощности: 1 – корпус; 2 – ведущий вал; 3 – ведущая шестерня; 4 – радиально-упорные подшипники вала; 5 – привод поворота; 6 – муфта; 7 – зубчатое колесо румпельного механизма; 8 – стойка колонки; 9 – подшипники поворота стойки; 10 – уплотнение; 11 – промежуточный вертикальный вал; 12 – верхняя угловая ведомая шестерня; 13 – нижняя ведущая угловая шестерня; 14 – подшипники вертикального вала; 15 – гребной вал; 16 – нижняя ведомая угловая шестерня; 17 – радиально-упорные подшипники гребного вала; 18 – уплотнение гребного вала; 19 – открытый гребной винт фиксированного шага



а)



б)

Рис. 2. Азимутальный буксир завода «Пелла»:
а) вид с правого борта; б) план машинного отделения и бытовых помещений

ВРК «Aquamaster» с открытыми ВФШ конструктивно проще по сравнению с колонками других фирм и, что важно для МТП «Усть-Луга», лучше работают в ледовых условиях.

В составе СПК с Z-образной передачей мощность главного двигателя через валопровод передается на ведущий вал колонки (2) и далее последовательно с помощью конических редукторов на промежуточный вертикальный вал (11) и гребной вал (15). Соединение валопровода и ведущего вала ВРК осуществляется с помощью муфты (6), а поворот ВРК вокруг своей оси – электродвигателем (5).

В целом главный энергетический комплекс азимутальных буксиров завода «Пелла» включает два автономных СПК – каждый в составе главного дизельного нереверсивного двигателя повышенной оборотности, валопровода и ВРК, которые (СПК) располагаются симметрично относительно диаметральной плоскости буксира (рис. 2).

Такое конструктивное решение обеспечивает еще более высокую маневренность буксиров, повышает их живучесть, энергетическую эффективность гребных винтов (всегда работают при глубоком погружении) и работоспособность СПК (применяются нереверсивные главные дизели), а также снижает трудоемкость

монтажа и обслуживания движительных комплексов буксиров, чему также способствуют агрегатность и унификация их конструкции.

Следует отметить, что в настоящее время на основе зарубежного и отечественного опыта установлено, что азимутальные судовые пропульсивные системы (так часто называют в общем случае судовые системы привода движителей с ВРК) надежно работают в сочетании с главными двигателями повышенной оборотности мощностью до 4 МВт.

В указанный предел укладываются мощности практически всех судов смешанного и внутреннего плавания. В связи с этим полноповоротные ВРК с механическим приводом гребных винтов стали использоваться и на отечественных грузовых и круизных судах внутреннего водного транспорта [5]. Способствует этому также и то, что отечественная промышленность наладила производство механических полноповоротных винторулевых колонок в диапазоне мощностей от 1 до 3,5 МВт.

Выводы

1. Характерной особенностью движительных комплексов буксирных судов Морского торгового порта «Усть-Луга» является использование унифицированных полноповоротных винторулевых колонок с

механическим Z-образным зубчатым приводом открытых гребных винтов фиксированного шага.

2. Азимутальный принцип движения является актуальным и для отечественных грузовых и пассажирских судов внутреннего водного транспорта.

Литература

1. Определение перспектив развития производственных мощностей областного, регионального и государственного масштабов, связанных с транспортной инфраструктурой порта на Балтике // Отчет по теме П/2-6. – Санкт-Петербург : ИПТРАН, 1992. – 40 с.

2. Баев, А. С. Строительство и эксплуатация пилотной серии судов портофлота: инвестиционный

меморандум / А. С. Баев, А. В. Донской. – Санкт-Петербург : ОАО «Компания Усть-Луга», 2004. – 19 с.

3. Пелла : официальный сайт Ленинградского судостроительного завода. – URL: <http://www.pellaship.ru/shipbuilding/> (дата обращения: 29.08.2022). – Текст : электронный.

4. Артюшков, Л. С. Судовые движители : учебник для вузов / Л. С. Артюшков, А. Ш. Ачкинадзе, А. А. Русецкий. – Ленинград : Судостроение, 1988. – 296 с.

5. Егоров, Г. В. Многоцелевые сухогрузные суда смешанного «река – море» плавания класса «Волго-Дон» типа «Надежда» и «Танаис» / Г. В. Егоров, И. А. Ильницкий, В. И. Тонюк // Судостроение. – 2011. – № 5. – С. 9–18.

A.S. Bayov

St. Petersburg State Marine Technical University

AZIMUTH PROPULSION SYSTEMS DRIVE FEATURES

The tasks and modern requirements for tugs are considered. The type of drive of azimuthal tugs is justified. The design of full revolving propeller-rudder columns with open fixed pitch screws is considered.

The azimuthal tugs, the propeller-rudder columns, the drive fixed pitch screws.