

УДК 656.6

Фальмонов Евгений Васильевич¹, ведущий инженер ИИСС ВГУВТ,
e-mail: efalmonov@mail.ru

¹Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия

ТИПОРЯД КОЛЁСНЫХ БУКСИРОВ - ТОЛКАЧЕЙ

Аннотация. В статье представлено архитектурно-техническое решение типоряда колёсных толкачей, предназначенных для эксплуатации на внутренних водных путях с глубинами от 1,5 м, в том числе в ледовой обстановке, включающего толкачи различной мощности (800, 1200, 1600 кВт) и назначения (ледового и неледового класса), содержащего унифицированные по форме водоизмещающие корпуса, в корме колёсный движительно-рулевой комплекс ледового класса по патенту РФ №2225327, или КДРК с поворотными плечами по патенту №2669486, одинаковую надстройку, однотипные главные двигатели, топливные цистерны, устройство для толкания, устройство для буксировки, рубку управления.

Ключевые слова: буксир-толкач, гребное колесо, колёсный движительно-рулевой комплекс, продольная цилиндрическая вставка

Актуальность создания новых буксиров-толкачей

На состоявшемся 8 июля 2020 года вебинаре ИАА «ПортНьюз», посвящённом теме использования толкаемых составов и речных буксиров-толкачей сообщалось, что по данным Российского Речного Регистра, в эксплуатации на 2020 год находятся 2546 буксиров и толкачей средним возрастом 43 года, из них в годном техническом состоянии 1845 единиц. По результатам выполненного Морским Инженерным Бюро анализа ожидается, что к 2025 году в работе останется 568 речных буксиров-толкачей мощностью 440-800 кВт старых серий, к 2030 году - 297 судов. А буксиров-толкачей мощностью 800-1800 кВт старых серий, к 2025 году – 149 судов, к 2030 году – 65 судов. В составе сегодняшнего флота толкачей-буксиров новых всего 2,8%. Параметры мощности буксиров и толкачей, которые востребованы рынком: 600 кВт; 800 кВт; 1100 кВт; 1324 кВт; 1400-1500 кВт.

Учитывая, что толкаемые составы могут иметь заметные преимущества в экономике по сравнению с самоходными судами, особенно на мелководных реках, а существующие речные буксиры-толкачи морально и физически устарели и их количество стремительно сокращается, задача создания востребованного типоряда толкачей, имеющих высокие технико-экономические и эксплуатационные характеристики и, при этом, высокую степень унификации судов различной мощности и назначения, становится особенно актуальной.

Выбор движительно-рулевого комплекса буксира-толкача

Главная характеристика буксира-толкача – упор на единицу мощности. В книге «Судовые движители» М.Я. Алферьева приводится анализ тяговых характеристик различных движителей при осадке 1,5 м и меньше.

«Исследования, проведенные в 30-е годы Гамбургским бассейном показали, что буксировочный КПД у колесных речных буксиров на 30-35% выше, чем у винтовых при

средней осадке до 1,5 м и средних скоростях буксирования 9-13 км/час. Так, например, согласно приведённой таблице для скорости буксировки 9 км/час упор на единицу мощности двухвинтового судна относительно судна с бортовыми колёсами составляет 63%, а для скорости 13 км/час – 60%.»

Этот анализ показывает, что при осадке 1,5 м и меньше по буксировочному КПД выигрывают суда с гребными колёсами.

В 12 номере 1985 года в журнале «Речной транспорт» опубликована статья В.Павленко и Ю.Кузьменко «Перспектива применения гребных колёс», посвящённая теме мелкосидящих буксиров-толкачей. В статье приводятся аргументы в пользу колёсных судов: «Пора, наконец, признать, что, несмотря на присущие судовым гребным колёсам недостатки, альтернативы применению их на мелкосидящих судах нет и поэтому, следует, не теряя времени, изыскивать решения, позволяющие устранить или смягчить эти недостатки. Одновременно следует искать пути повышения эффективности гребных колёс как за счет улучшения конструкции, так путем проведения мероприятий гидромеханического характера. Научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы должны быть направлены на усовершенствование конструкции гребных колёс, способов расположения их на судне, на разработку устройств, повышающих эффективность колёсных движителей».

В 70-е годы в Новосибирском водном институте проводились исследования высокооборотных колёс Михайлова, по результатам испытаний моделей которых был сделан вывод, что применение таких колёс приведет к уменьшению размеров и снижению массы движителей за счет облегчения опорных конструкций и уменьшения габаритов приводных механизмов без ухудшения гидродинамических характеристик. Недостатком была рычажно-шарнирная и шатунно-кулачковая конструкция, вызывавшая сомнения в надёжности. Кроме того, увеличенные в 1,25 - 1,5 раза обороты в сравнении с колёсом Моргана приводили к ударам при входе плиц в воду.

В 80-е годы в НИИВТе исследовались радиальные гребные колёса с кормовым расположением. Было получено, что при установке половинок плиц симметрично ДП под углом 170° к оси колеса заметно возрастает КПД движителя. Это объясняется тем, что основную долю потерь мощности составляют потери, обусловленные перетеканием воды с нагнетательной поверхности плиц на засасывающую. А разворот плиц при малом между ними расстоянии снижает концевые потери.

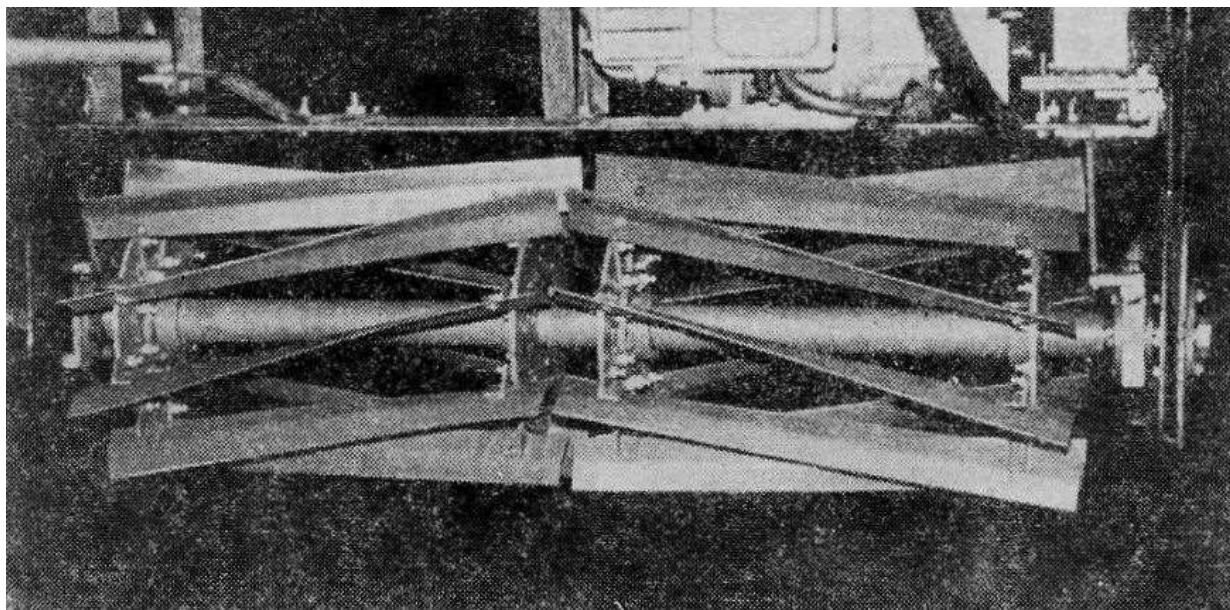


Рисунок 1- Модель «шевронного колеса», которая испытывалась в НИИВТе в 1984г.

Наработки новосибирцев были этапами в развитии колёсной темы, продолжением которой стали отличные от традиционных технические решения колёсных судов с новой архитектурой и конструкцией. Автором были предложены и признаны изобретениями «Колёсный движительно-рулевой комплекс» (КДРК), патент РФ № 2225327 от 30.11.2001 г. и «Колёсный движительно-рулевой комплекс с поворотными плицами», патент РФ № 2669486 от 26.06.2017 г.

КДРК по первому патенту реализован на паромках пр. ПКР-25 и пассажирских судах пр. ПКС40 и показал свою эффективность. Принцип работы КДРК использован на новом круизном колёсном судне пр. ПКС180. Кормовое расположение гребных колёс с винтовыми плицами и отдельным приводом обеспечивает управляемость лучше, чем с рулями. Колёса защищены от плавающих предметов, касаний дна при приближении к берегу, и практически не подвержены отрицательному влиянию крена и волнения на их работу т.к. располагаются в пределах ширины корпуса. Форма плиц обеспечивает безударный вход в воду. Электрический привод ДРК решает проблему передачи мощности от быстроходных дизелей к низкооборотным гребным колёсам и обеспечивает компьютерное управление судном путём перераспределения мощности между правым и левым колесом. Единая дизель-электрическая установка питает всех потребителей электроэнергии. Всё это приводит к снижению массы энергетического комплекса судна и многовариантности общего расположения.

В отличие от колёс Михайлова, колёса КДРК с поворотными плицами близки по конструкции к колёсам Моргана, а их пропульсивные качества при кормовом расположении будут выше, т.к. они работают как единое, обеспечивая безударный вход плиц в воду и эффективную управляемость судну изменением вектора тяги по величине и направлению.

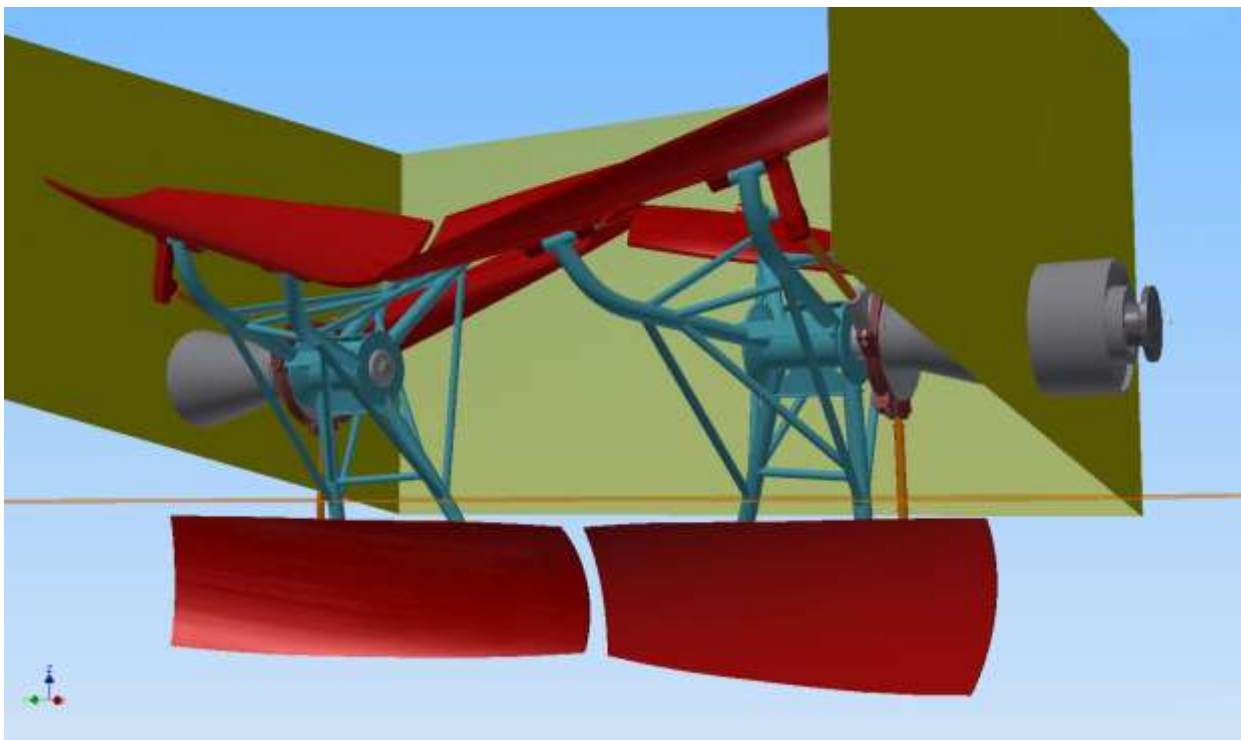


Рисунок 2 - КДРК судна с поворотными плицами, левое и правое гребное колесо, вид с кормы; плица конструктивно – часть кругового цилиндра, вырезанная по винтовым линиям (патент РФ № 2669486).

Устройство Ледокольного Колёсного ДРК

Для заднеколёсных ледокольных толкачей БТК-Л800, БТК-Л1200, БТК-Л1600 применяется КДРК ледового класса по Российскому патенту № 2225327. КДРК состоит из двух, установленных в корме симметрично относительно ДП, имеющих отдельно управляемый привод, гребных колёс прочной объёмной конструкции с плицами (лопастями) винтовой формы. Управление судном осуществляется изменением числа оборотов и направлением вращения гребных колёс. При этом вектор тяги может изменять направление на 360°. Каждое гребное колесо имеет сварную конструкцию, выполняется из высокопрочной арктической стали и устанавливается на двух шарнирных опорах на обносной раме, шарнирно закреплённой на кормовом транце. Диаметр каждого гребного колеса 5 м назначен из расчёта получения высокого буксировочного КПД и предельной толщины льда непрерывного хода кормой до 0,4 м. Шарнирное крепление блока КДРК к корпусу позволяет уменьшить вибрационные нагрузки на корпус при работе во льдах, ограничить напряжения в элементах КДРК, изменять заглубление колёс с помощью подъёмного устройства в соответствии с режимом работы, вплоть до опускания на грунт и использования для снятия с мели. При этом средняя осадка будет уменьшаться пропорционально доле КДРК в весовой нагрузке примерно на 10%. Кроме того, возможность вертикального перемещения гребных колёс относительно корпуса обеспечит их освобождение в случае вмерзания в лёд.

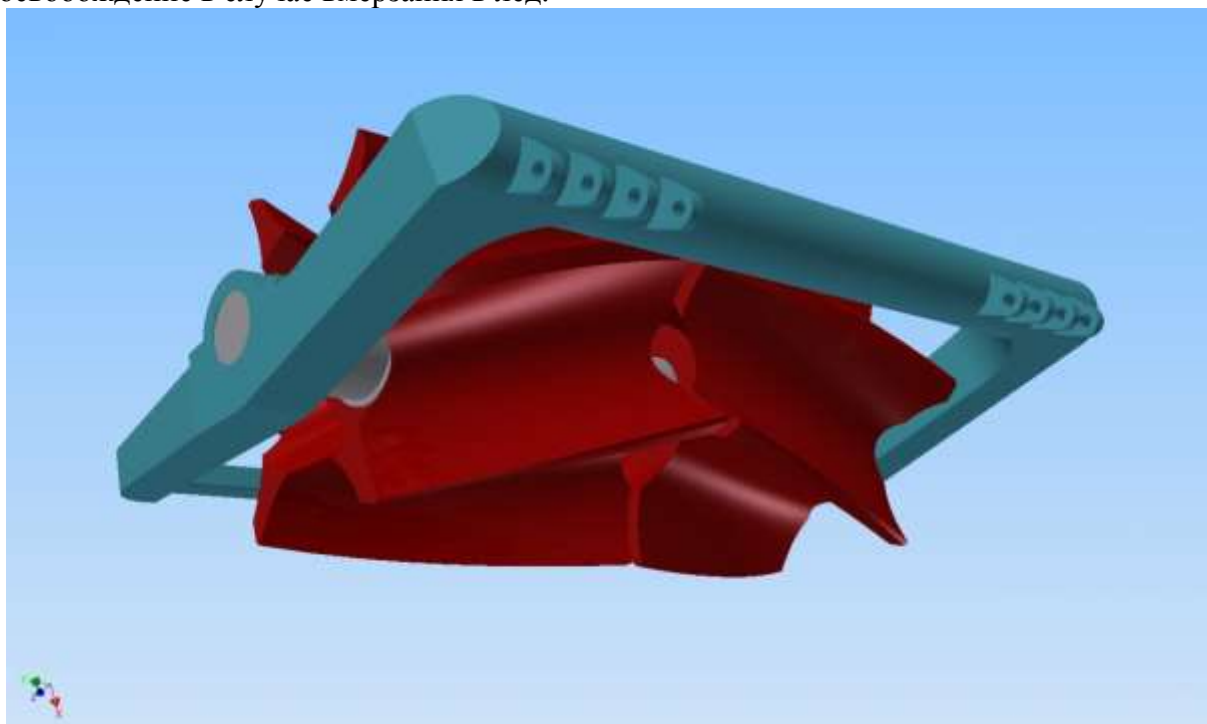


Рисунок 3 - Ледокольный КДРК вид снизу

Создание типоряда колёсных буксиров-толкачей

Для толкача с осадкой менее 1,5 м предлагается компоновка, трансформация которой с минимальными затратами на изменение базового варианта позволяет получить новое судно с заданной мощностью и классом РРР. Это могут быть толкачи с КДРК с поворотными плицами или толкачи ледового класса, способные работать в условиях продлённой навигации.

Особенности архитектуры и компоновки нового колёсного буксира-толкача связаны с применением Колёсного движительно-рулевого комплекса размещённого в кормовой части. Вопрос удифферентования решается расположением МО, балласта и запасов

топлива в носовой части. Корпус толкача выполняется с упрощенными обводами. Конструкция корпуса и толщины обшивки в соответствии с Правилами РРР и Регламента. Предлагаемый типоряд линейных толкачей типа БТК и БТК-Л охватывает диапазон мощности от 600 до 1600 кВт на класс Речного Регистра «О 2,0 А» и «О 2,0 А Лёд 40».

Продление навигации является резервом повышения экономической эффективности речного флота. Решение этой задачи будет возможно, если большая часть буксиров-толкачей будут иметь ледовый класс.

Буксир-толкач колесный ледового класса, далее БТК-Л, предназначен для транспортировки барж по внутренним водным путям методом толкания, технологических, буксировочных и спасательных операций, включая ледовые условия.

Район и условия эксплуатации - акватории, соответствующие разряду «О 2,0 » Российского Речного Регистра.

Компоновочная схема буксиров-толкачей позволяет создать типоряд судов различной мощности и назначения на базе общего теоретического чертежа корпуса, однотипных энергетических агрегатов, однотипных приборов и щитов управления, однотипных судовых устройств, унифицированных по типам Колёсных ДРК и одинаковой надстройки и элементов корпуса за счёт применения продольной цилиндрической вставки.

Толкачи типоряда могут иметь высокие технико-экономические и эксплуатационные характеристики, возможность работы на долевых режимах и, при этом, высокую степень унификации и автоматизации судов различной мощности и назначения, рациональную планировку и оригинальную архитектуру.

Форма и конструкция корпуса выполнены с учётом плавания во льдах расчётной толщины. Принятые наклон носового и кормового штевня, ширина палубы соответствуют размерам КДРК, обеспечивающего высокие тяговые характеристики и достижение заданной ледопроеходимости при малой осадке.

Толкачи БТК-Л, кроме транспортной и буксировочной, могут выполнять ледакольные и спасательные работы. Для этого на них предусмотрено устройство изгибания толкаемого состава в виде поворотной платформы с упорами и автосцепом, буксирная лебёдка, спасательное имущество, мощный пожарный насос, стационарные и переносные стволы водотушения.

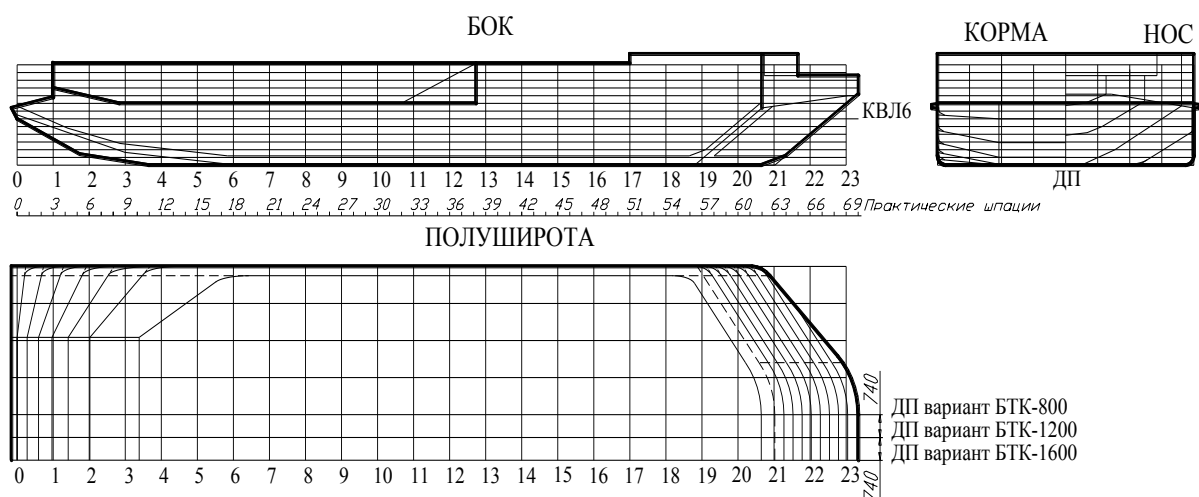


Рисунок 4 - Теоретический чертёж толкачей ряда БТК и БТК-Л

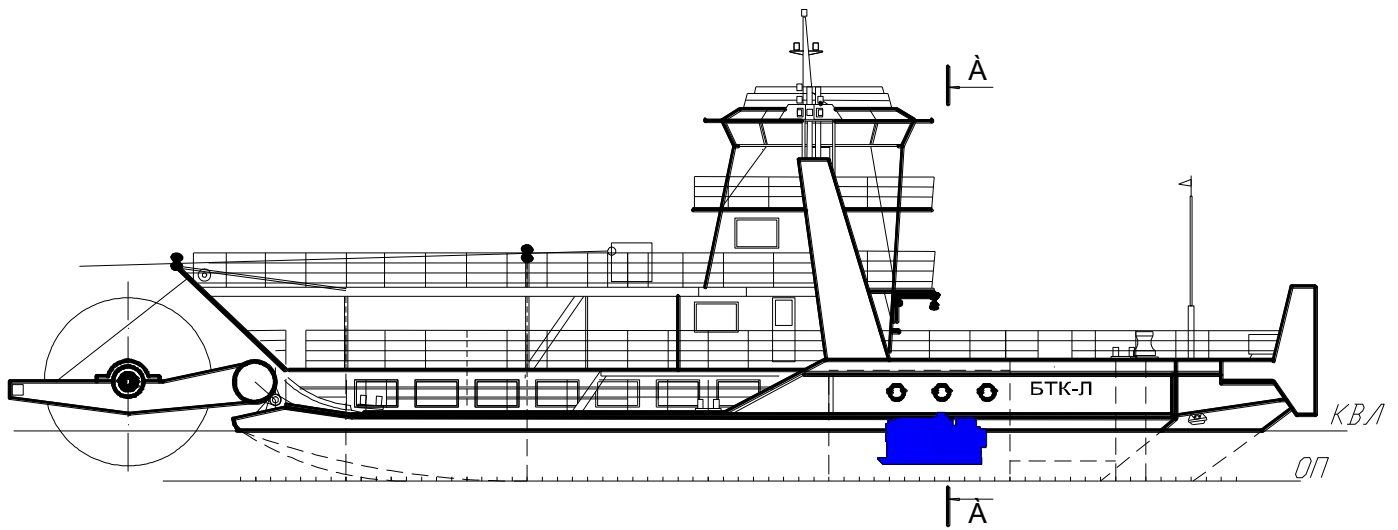


Рисунок 5 - Боковой вид ледокольных толкачей ряда БТК-Л и БТК

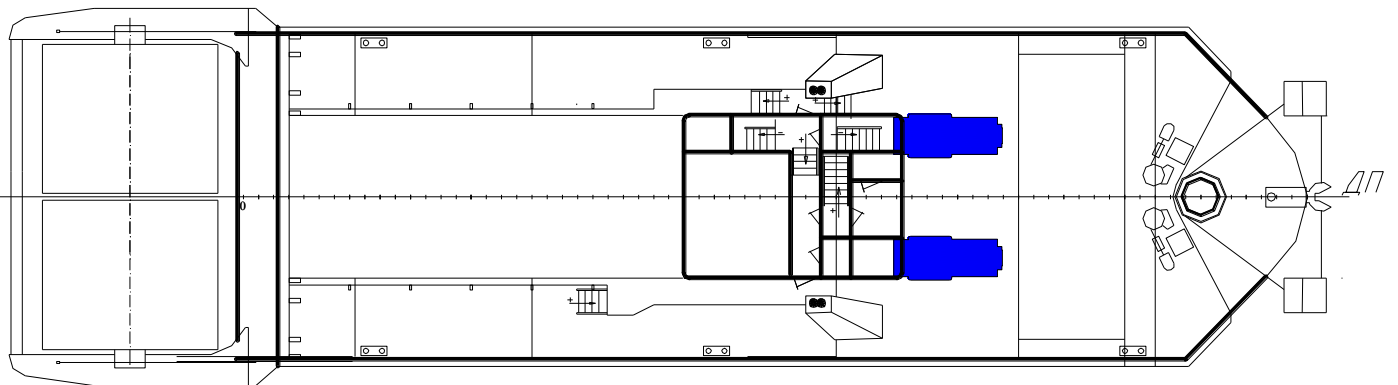


Рисунок 6 - Вид сверху. Буксир-толкач БТК-Л1800и БТК-800 мощностью 2х400 кВт

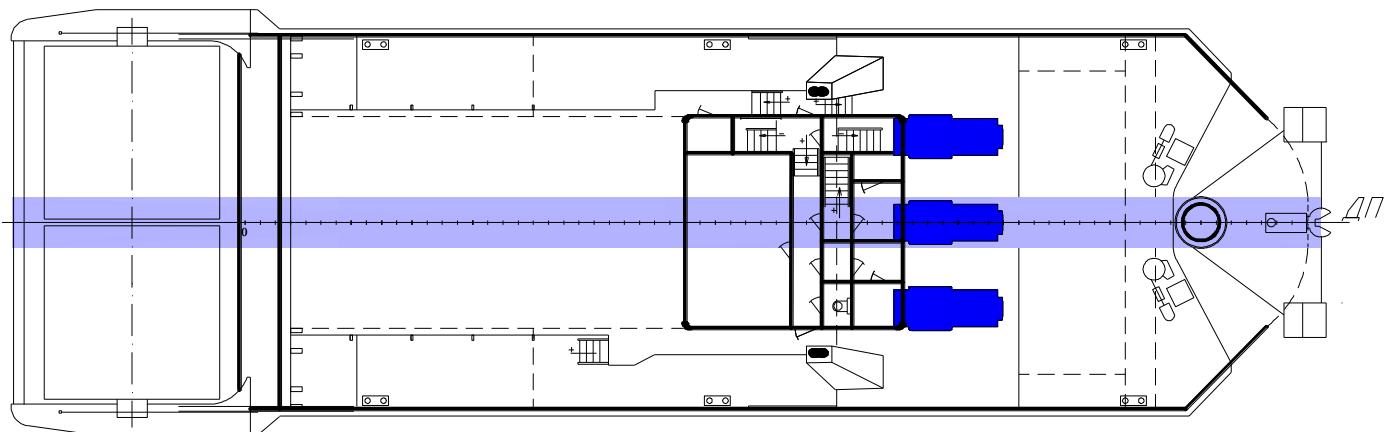


Рисунок 7 - Вид сверху. Буксир-толкач БТК-Л1200 и БТК-1200 мощностью 3х400 кВт

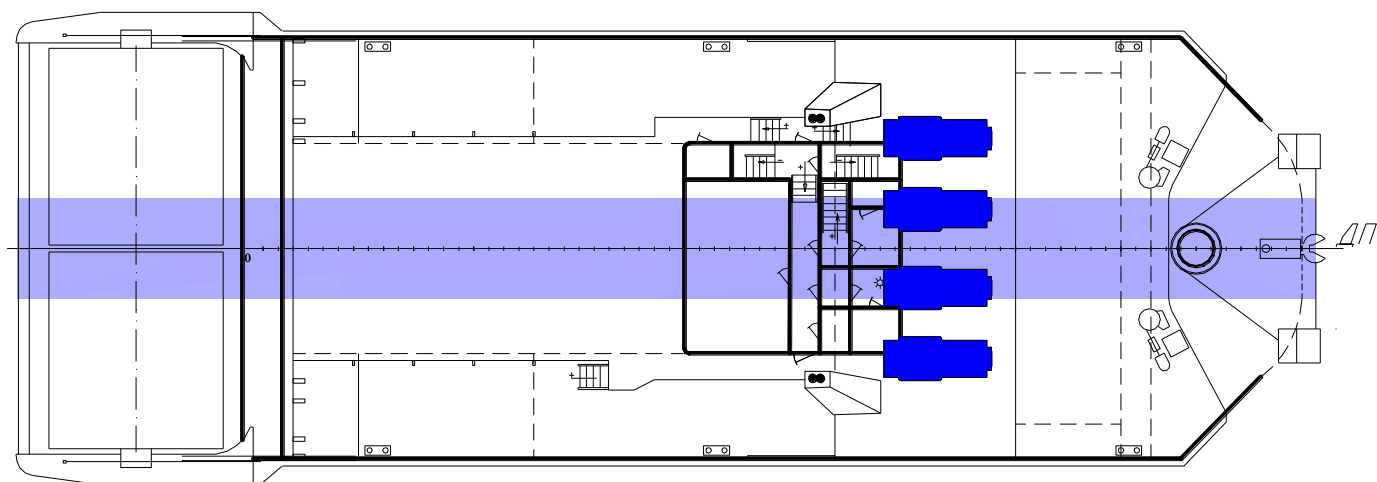


Рисунок 8 - Вид сверху. Буксир-толкач БТК-Л1600 и БТК-1600 мощностью 4x400 кВт

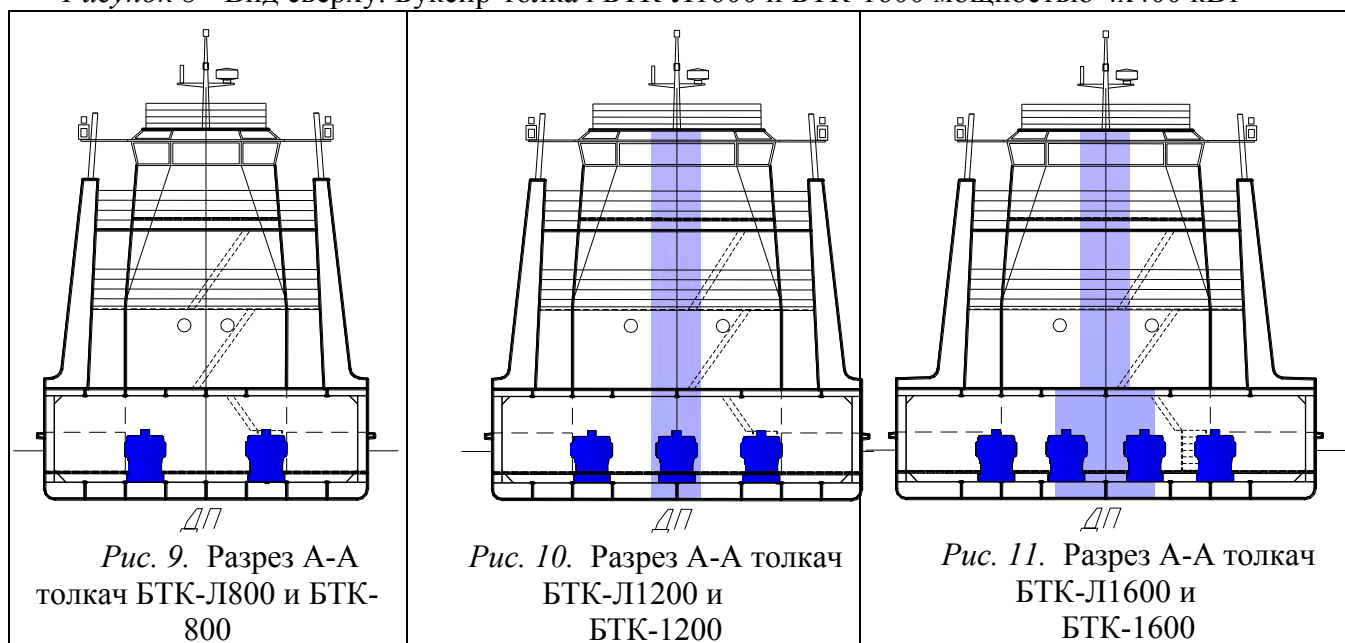


Рис. 9. Разрез А-А толкач БТК-Л800 и БТК-800

Рис. 10. Разрез А-А толкач БТК-Л1200 и БТК-1200

Рис. 11. Разрез А-А толкач БТК-Л1600 и БТК-1600

Таблица 1 – Характеристики толкачей предлагаемого типоряда

Главные размеры и основные характеристики	БТК 800	БТК - Л800	БТК 1200	БТК - Л1200	БТК 1600	БТК - Л1600
Длина габаритная, м	39,00					
Длина по КВЛ, м	30,40					
Высота борта, м	2,00					
Высота габар. от ОП, м	11,40					
Осадка по КВЛ	1,50					
Экипаж, чел.	7					
Ширина габаритная, м	11,34		12,82		14,30	
Ширина по КВЛ, м	9,60		11,08		12,56	
Ширина по колёсам, м	9,80		11,28		12,76	
Водоизмещение по КВЛ, м	377		438		500	

Водоизмещение полное, т около	330	370	370	415	415	465
Осадка при полном водоизмещении, м	1,33	1,48	1,28	1,43	1,26	1,40
Мощность ЭУ, кВт Вариант 1	2x400		3x400		4x400	
Мощность ЭУ, кВт Вариант 2 БЕЛАЗ	1050		1200		2x1050	
Тип движительно-рулевого комплекса	Колёсный поворотн. плиты	Колёсный ледокольный	Колёсный поворотн. плиты	Колёсный ледокольный	Колёсный поворотн. плиты	Колёсный ледокольный
Привод гребных колес	Электромеханический					
Мощность гребного электродвигателя, кВт Вариант 1	300		500		700	
Мощность гребного электродвигателя, кВт Вариант 2 БЕЛАЗ	320		600		800	
Запас топлива, т	70		82		90	
Автономность плавания по топливу, суток	15		11,6		9,6	
Скорость движения, км/час	18	17,5	18,5	18	19	18,5
Ледопроездимость, см	-	40	-	40	-	40
Класс по Правилам РРР	«О2,0 А»	«О2,0 лёд 40 А»	«О2,0 А»	«О2,0 лёд 40 А»	«О2,0 А»	«О2,0 лёд 40 А»
Группа по санитарным правилам	Первая					

Конструкция корпуса и надстройки

Конструкция корпуса и надстройки толкачей типоряда унифицирована и отличается для типов БТК и БТК-Л лишь толщинами и маркой металла. Практическая шпация по всей длине принята 450 мм.

Корпус толкачей стальной, сварной. Основные толщины листов: для БТК-Л (БТК) днище в районе 11 - 65 шп.-8 (6) мм, остальная часть днища 12 (8) мм, борта и скула – 10 (7) мм,

главная палуба и палуба 1 яруса надстройки – 5, (5) мм, палуба в районе носовых упоров и крепления рамы КДРК – 8, (8) мм; переборки, выгородки – 4, (4) мм. Стенки надстройки и выгородки – 3, (3) мм и гофрированный лист 2, (2) мм.

Водонепроницаемые переборки установлены на шп. 7, 19, 39, 51, 60. Топливная цистерна шп. 51-58 отделена от наружной обшивки двойными бортами и двойным дном, образующими балластную цистерну. В районе шп. 23 – 39 по бортам установлены вкладные топливные цистерны. Под помещениями экипажа в районе шп. 7-35 для обеспечения непотопляемости выполнено двойное дно высотой 900 мм.

Разбивка на блоки и технология постройки

Судно разбито на 8 строительных блоков:

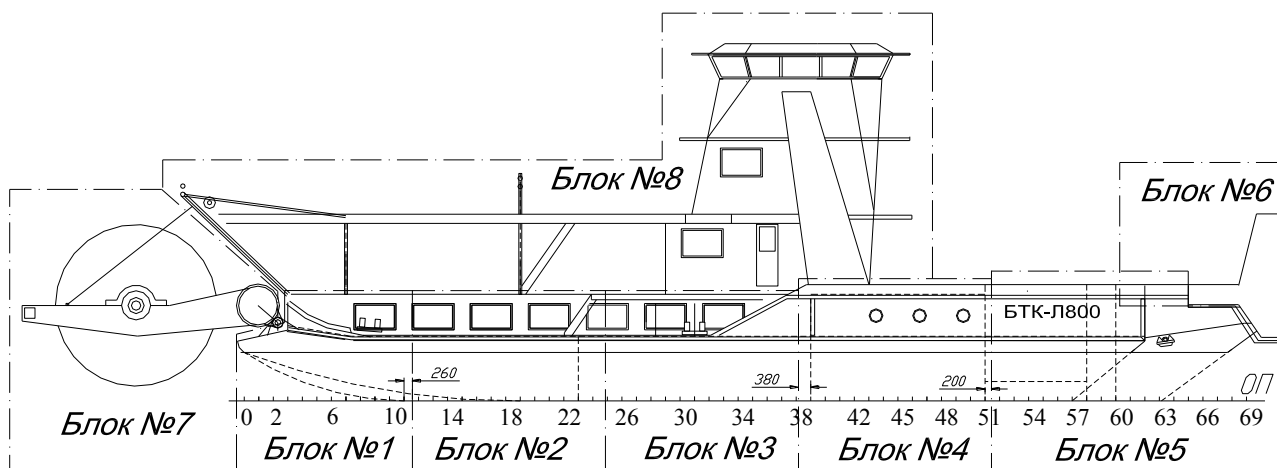


Рисунок 12 - Разбивка на блоки

- Блоки № 1-5 образуют корпус толкача;
- Блок № 6 – поворотные упоры;
- Блок № 7 – устройство КДРК с гребными колёсами;
- Блок № 8 – надстройка.

Наиболее насыщенными и трудоёмкими являются блоки №4 - МО и № 7 – КДРК. Блок № 4 образует замкнутый объём и не связан с движителем валовой линией. Это позволяет производить монтаж оборудования ЭУ параллельно с формированием корпуса и надстройки. Блок № 7 собирается на отдельном участке с гребными колёсами и приводом, испытывается, и навешивается на корпус перед спуском судна.

Эффект создания типоряда колёсных буксиров-толкачей

Промышленное освоение производства буксиров-толкачей нового типа с повышенными эксплуатационными и технологическими качествами позволит решить проблему обновления речного флота. Инновационные решения, заложенные в проектном предложении, могут быть применены для речных транспортных судов других типов. Предлагаемый способ прокладки и очистки канала с помощью ледокольного КДРК, новый архитектурно-конструктивный тип ледокольного толкача с малой осадкой, сниженными удельными энергозатратами на ледокольную работу, очисткой канала от битого льда позволит при серийной постройке таких судов осуществлять продлённую навигацию с гарантированными сроками начала и окончания.

Ключевой элемент данного предложения – Колёсный движительно-рулевой комплекс, который должен обеспечить новому судну движение, управление, прокладку и очистку канала во льдах. Опыт проектирования, постройки и эксплуатации БТК-Л создаст предпосылки для появления эффективных мелкосидящих судов нового типа с ледокольным КДРК для работы на шельфе морей, на замерзающих реках. Буксиры-толкачи ледового класса можно будет использовать для организации зимних дноуглубительных работ, для решения экстренных транспортных задач в ледовых условиях. Конструкция и технология постройки толкачей различной мощности и класса РРР максимально унифицированы, что позволяет без затратной переналадки производить толкачи типоряда на одном предприятии.

Потребность в судах, способных работать на мелководье в ледовой обстановке существует, а традиционная конструкция ледоколов эффективно решить проблему не позволяет. Сравнительные испытания буксира-толкача БТК-Л и винтового ледокола близкой мощности могут показать преимущества и недостатки обеих конструктивных схем и сделать объективный вывод о работоспособности судов ледового плавания с КДРК

в реальных условиях. Эффект от создания ледокольного колёсного буксира может быть значительным и привести к созданию типоряда судов нового типа – ледофрезеров с улучшенными эксплуатационными возможностями. В том числе для эксплуатации на Северном Морском Пути с обеспечением очищенного канала шириной более 50 м при средней скорости движения не менее 12 узлов.

Список литературы:

1. Фальмонов Е.В. Альтернативный способ прокладки и очистки канала во льдах и конструкция судна ледового плавания, 2015.-С.14-19
2. Фальмонов Е.В. Колёсные суда ледового плавания, Июль.-М., 2019. – С.3-12,
3. Фальмонов Е.В. Колесный ледокол-ледофрез/ Е.В. Фальмонов// Речной транспорт (XXI век). - 2013. - №6. - с. 28-33
4. Фальмонов Е.В. Колесный движительно-рулевой комплекс. Патент/<http://www.findpatent.ru/patent/222/2225327.html>
5. Фальмонов Е.В. Колесный движительно-рулевой комплекс с поворотными плечами. Патент/ <http://www.findpatent.ru/patent/266/2669486.html>
6. Максutow Д.Д. «Сопrotивление движению транспортных судов в сплошных льдах» Труды ААНИИ, т. 309, 1973 г., стр. 27-34.
7. Шиманский Ю.А. «Условные измерители ледовых качеств судна» Труды ААНИИ, т. 130, 1938 г., стр. 5-19.
8. Каштелян В.И., Позняк Н.Н., Рывлин А.Я. «Сопrotивление льда движению судна», Л. Судостроение, 1968 г.
9. Рывлин А.Я., Хейсин Л.Е., «Испытание судов во льдах», Л. Судостроение, 1980 г.
10. Бронников А.В. «Суда ледового плавания, особенности проектирования», ЛКИ, Ленинград, 1984 г.
11. Таршис М.К. Ледовое сопротивление судов. Сб. науч. Тр. Мурманск. Высшее мореходное училище, 1957, Вып. 1, стр. 88-89.
12. Neftegaz.ru [Электронный ресурс]// Для Арктик СПГ – 2 специально построят 17 газозовов Режим доступа: <https://neftegaz.ru/news/Suda-i-sudostroenie/453482-dlya-arktik-spg-2-spetsialno-postroyat-17-gazovozov/>
13. Алферьев М.Я. Судовые движители/ М.Я. Алферьев// М.: Мин. Речного флота СССР, 1947.
14. RUhot [Электронный ресурс]// Колёсные суда нового поколения. Инновационные решения проблем судоходства на мелющих реках и в ледовой обстановке. Режим доступа: <https://www.ruhot.net/video/KD0HoDBDP0/kolesnye-su.html>
15. Солдаткин О.Б. Влияние ширины ледового канала на сопротивление движению транспортного судна // Сбор. науч. тр. ГИИВТА. Маневрирование судов в сложных условиях плавания. Горький, 1988. Вып. 254. с. 108 – 114.
16. Тронин В.А. Определение ледовых усилий, действующих на корпус судна при криволинейном движении // Сбор. науч. тр. ГИИВТА. Маневрирование судов в сложных условиях плавания. Горький, 1988. Вып. 254. с. 3 – 91.
17. [Электронный ресурс]// Вестник научно-технического развития, №1, 2012. Электронный журнал, № гос. рег. 0421200120, ISSN 2070-6847 [Электронный ресурс]// Лобанов В.А. Численная оценка ледовых качеств судна. Ходкость., Режим доступа: <http://www.vntr.ru/ftpgetfile.php?id=571>
18. [Электронный ресурс]// Вебинары ИАА «ПортНьюс» режим доступа <https://portnews.ru/news/296898/>



TYPE OF WHEELS TUGS - PUSHERS

Evgeniy V Falmonov

Abstract. The article presents an architectural and technical solution for a range of wheeled pushers designed for operation on inland waterways with depths of 1.5 m, including in ice conditions, including pushers of various power (800, 1200, 1600 kW) and purpose (ice and non-ice class), containing unified in shape displacement hulls, in the stern an ice-class wheeled propulsion and steering complex according to the patent of the Russian Federation No. 2225327, or a KDRK with rotary plates according to the patent No. pushing, towing device, control cabin.

Keywords: pusher tug, paddle wheel, wheeled propulsion and steering system, longitudinal cylindrical insert