

УДК 629.12+62-89  
DOI: 10.37890/jwt.vi77.393

## **Концепция несамоходного индивидуального парома**

**И. Ю. Гордлеева**  
**Е. В. Ушаков**

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

**Аннотация.** В рамках общей концепции развития водного транспорта и береговой инфраструктуры дается обоснование необходимости эксплуатации индивидуальных паромных переправ на малых и магистральных реках России. Произведено картографическое исследование транспортного сообщения через реки и их катастрофической нехватки по сравнению со спросом. Предложена совершенно новая концепция паромной переправы для одного автомобиля. Разработан приводной механизм движения парома от ведущей пары колес автомобиля с разными вариантами движителей и систем управления. Определены габаритные и водоизмещающие параметры судна по требованиям маломерного судостроения. В пакете «Компас-3D» создана трехмерная модель парома, всех рабочих узлов механизма и управления, произведен расчет массо-центровочных характеристик. Проведена сравнительная оценка механических параметров представленных движителей: винто-рулевой колонки и гребных колес. Описаны механизмы с ручным и автоматизированным режимами управления и их сравнение с механической, экономической и правовой точек зрения. Рассмотрены вопросы реализации и коммерциализации проекта.

**Ключевые слова:** 3D-модель, паромная переправа, автомобиль, передаточный механизм, массо-центровочные характеристики, гребные колеса, винто-рулевая колонка, кабан и туер, ручное и автоматическое управление, система помощи принятия решений

## **The concept of a non-self-propelled individual ferry**

**Irina Y. Gordleeva**  
**Egor V. Ushakov**

*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

**Abstract.** Within the framework of the general concept of the development of water transport and coastal infrastructure, a justification is given for the need to operate individual ferry crossings on small and main rivers of Russia. A cartographic study of transport links through rivers and their catastrophic shortage in comparison with demand has been carried out. A completely new concept of a ferry crossing for one car has been proposed. The driving mechanism of the ferry movement from the car's driving pair of wheels with different variants of propellers and control systems has been developed. The overall and displacement parameters of the vessel are determined according to the requirements of small-size shipbuilding. In the "Compass-3D" package, a three-dimensional model of the ferry, all working units of the mechanism and control was created, and the mass-centering characteristics were calculated. A comparative assessment of the mechanical parameters of the presented propellers was carried out: the screw-steering column and the paddle wheels. The issues of implementation and commercialization of the project have been considered.

**Keywords:** 3D-model, transmission mechanism, ferry crossing, car, mass-centering characteristics, paddle wheels, screw steering column, capstan and tuer, manual and automatic control, decision-making assistance system

### **Проблематика**

Освоение водных ресурсов России, занимающей лидирующее место по их объему и протяженности, является одной из стратегических задач, стоящих перед государством, транспортное сообщение через реки и по ним одна из этих ключевых задач. Самая знаковая река России - Волга тянется на 3530 км, на протяжении которых зарегистрировано 41 автомобильных мостов, но действительно рабочих порядка 34, остальные либо руинированы, либо в проекте, либо на долгосрочном ремонте [1]. По берегам Волги расположено 59 крупных городов, а населенных пунктов тысячи, в одной нижегородской области более ста. Если взять региональные реки, к примеру, левый приток Волги Ветлугу, насчитываем 5 автомобильных мостов на 138 населенных пунктов.

В то же время по берегам и притокам Волги в городах и селах проживает около 60 млн человек, до 2/3 промышленного производства сосредоточено здесь же [2]. Простая арифметика сообщает, что на такую протяженность, населенность и экономическую деятельность приходится примерно по одному мосту более чем на каждые 100 км.

Если рассматривать магистральные и малые реки Сибирского, Дальневосточного и других регионов нашей огромной страны, там будет еще меньший процент наличия транспортных сооружений к километру.

Одновременное строительство необходимого количества классических мостов с подъездом по автодорожному полотну экономически неподъемно, а в большинстве случаев с небольшим потоком автомобилей в малонаселенных пунктах нецелесообразно, хотя необходимость в наличии переправы существует.

В качестве временных переправ используют понтонные (наплавные) мосты, они не столь дороги в возведении, но затратны в обслуживании, поэтому оправданы лишь крайней необходимостью, связанной с аварийным или ремонтным состоянием действующего моста, а так же кратным увеличением потоков автомобилей в сезон.

Проблему транспортного сообщения через реки частично решают паромные переправы, но их количества недостаточно, чтобы решить данный вопрос. К примеру, через такую магистральную реку как Волга зарегистрировано всего 12 автомобильных паромных переправ, через ее приток Ветлугу на всех известных картах не найдено ни одной. Автомобильные (грузо-пассажирские) паромы не находят широкого применения в силу ряда причин. Работа парома не круглосуточная, если есть расписание, то оно с большими интервалами, либо приходится дожидаться полной загрузки неопределенное количество времени. Неудобство для автомобилистов с одной стороны и нецелесообразность идти порожняком для перевозчика с другой. При определенных неблагоприятных погодных условиях п/переправа вовсе прекращает работу. Другая весомая причина: паромы с большой грузоподъемностью имеют большую осадку и не могут быть использованы на глубинах меньше 1 метра.

Картографическое исследование больших и малых рек свидетельствует об огромном числе населенных пунктов, находящихся напротив друг друга по разным берегам одной реки или на небольшом расстоянии вдоль нее. Такое расположение сложилось исторически, еще сто лет назад вся человеческая деятельность осуществлялась вдоль реки, на реке и через реку (собственно происхождение слова «дорога» и означало «вдоль реки»). Развитие автомобильного транспорта и автодорог повернуло вектор хозяйственной деятельности от реки, что постепенно привело к разрушению производственных и гуманитарных связей, и как следствие оттоку населения в более развитые места проживания. И хотя напрямую расстояние между населенными пунктами на разных берегах реки 1-2 км и меньше, чтобы добраться к

соседям напротив, приходится ехать в объезд, преодолевая десятки и даже сотни километров.

Для решения государственных программ до 2030 года в направлении «Комфортная среда для жизни», входящего в национальный проект «Вода России», принятого в 2018 году, и реализации проекта оздоровления и освоения малых рек России необходимо налаживать транспортное сообщение рек и вопрос переправ на наш взгляд является одним из ключевых.

### Концепция проекта

Решением проблемы на наш взгляд может стать более дешевая и экономически выгодная индивидуальная паромная переправа с простой и мало затратной береговой инфраструктурой. Она может быть использована как на полноводных судоходных реках, так и на малых и даже мелководных. Подъезд к ней не требует специально оборудованных причальных стенок, это могут быть вынесенные мостки или бетонные плиты. Автомобиль заезжает на небольшой несамоходный понтон, содержащий механическую передачу и движитель (рис. 1). Тип корпуса зависит от внутреннего наполнения и компоновки механизмов и движителей (рассматривались варианты однокорпусного судна и катамарана). В движение паром приводится ведущей парой колес автомобиля после заезда, установки и фиксации на специальных площадках (барабанах) с валиками, воспринимающими момент вращения и являющимися входным звеном передаточного механизма (рис.2,а). Принципиальным конструктивным решением является симметрия паромы без традиционного носа и кормы. Такая геометрия предусмотрена для удобства автомобилистов, чтобы обеспечивать заезд на паром и съезд с него только передом машины, что так же позволяет отчаливать от берега и причаливать к противоположному берегу без разворота. По той же причине аппаратное устройство предусмотрено с двух сторон.

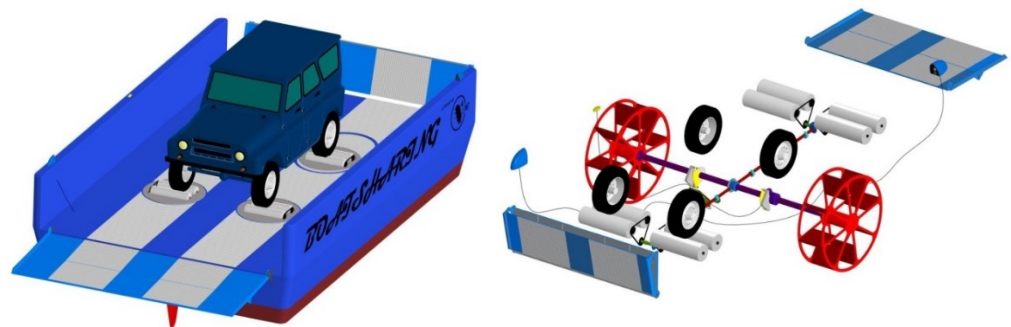


Рис. 1. Общий вид автомобиля на пароме (слева) и передаточный механизм (справа)

При этом машины, переправляющиеся в обратном направлении, также заезжают передом. Это обеспечивается симметрией передаточного механизма, т.е. неважно на какое пятно контакта встают колеса ведущей оси, схема предусматривает переключение и работу механизма и движителя в обоих направлениях движения.

С началом вращения колес автомобиля усилие момента передается на валики, и через цепную и ряд конических передач на валы и движитель. Каждое колесо автомобиля находится на паре валиков, оси которых жестко скреплены с поворотными барабанами (рис. 2). Они работают независимо в паре, что позволяет использовать паром как для передне- так и для заднеприводных автомобилей. Чтобы все 4 колеса стояли на своих пятнах контакта, предусмотрен механизм регулирования расстояния между площадками под разные базы автомобилей. Подстройка под длину колесной базы допускается посредством продольной свободы одной из осей с парой

барабанов. Это достигается установкой оси каретки и возможности удлинения одного из валов (рис.2,в).

Поворот парома осуществляется синхронно с поворотом колес автомобиля. Фиксаторы, удерживающие колесо, передают поворот на поворотную площадку, которая представляет собой корпус валиков цилиндрической формы, далее барабан (рис.2,б). Барабаны в свою очередь попарно через рычаги связаны с двумя перьями руля, находящимися с обеих сторон корпуса. Такое количество и расположение перьев руля упрощает использование парома, при этом перо находящееся спереди всегда будет зафиксировано, так как задняя ось автомобиля не будет давать никакого поворота. Данное маневрирование парома осуществляется ручным управлением из салона автомобиля, но в рамках действующего технического регламента и нормативно-правовой базы может быть серьезной преградой к сертификации рассматриваемого маломерного судна. Данный вопрос освещен ниже.

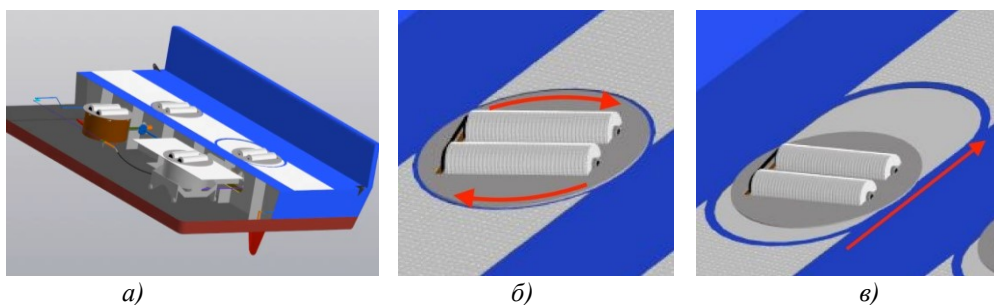


Рис. 2. Устройство, воспринимающее приводное усилие:  
а) общий вид поворотных барабанов и валиков;  
б) вращение барабана при повороте колес;  
в) возможность скольжения одной из осей с барабанами.

#### **Технико-эксплуатационные характеристики**

Чтобы задать габаритные размеры парома, расположение и компоновку механизмов, воспринимающих вращение приводных колес автомобиля, был выполнен статистический анализ массовых и геометрических параметров легковых автомобилей. Для осуществления эксплуатационных и технических требований, предъявляемых к маломерному флоту, выбран легковой транспорт до 3,5 тонн и такие характеристики как габариты машины с открытыми дверями, ее вес, размер базы, радиус колес и межосевое расстояние. Оптимизируя параметры, вышли на размеры парома 8 м на 5 м. Расчет осадки производился по массо-центровочным характеристикам (МЦХ) и водоизмещению судна (рис. 3), спроектированного в среде 3D-Компас. Паром в 9 -11 тонн с машиной в 1-3 тонны дает осадку в диапазоне 0.25 – 0.45 м., что является хорошим показателем использования даже на мелководных и несудоходных реках. Исключение нежелательного крена и дифферента парома достигалось корректировкой расположения и компоновки механизмов, чтобы центр масс системы паром-машина оставался в диаметральной плоскости.

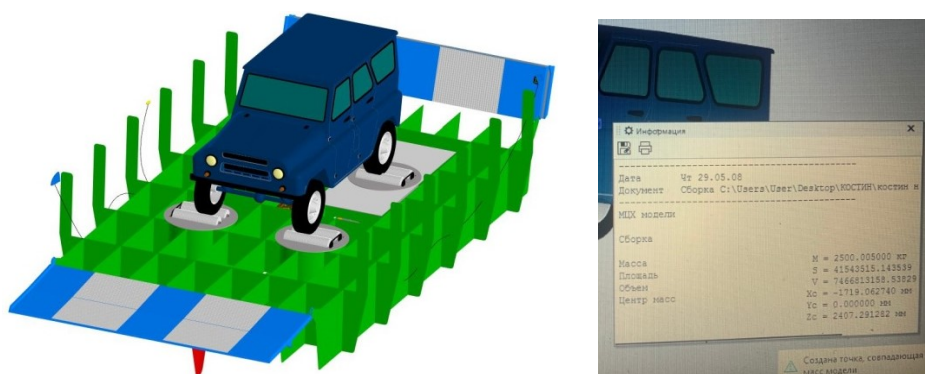


Рис. 3. Проектирование и расчет МЦХ

### Выбор двигателя и системы управления

У каждой реки с населенными пунктами по ее берегам свои характеристики, география, инфраструктурные и логистические возможности. Учитывая всевозможные различия водных акваторий, рассматривалось и разрабатывалось несколько вариантов механики движения парома, в основном это касается двигателей и систем управления.

В качестве двигателей для сравнения разрабатывались поворотная винторулевая колонка с автоматическим реверсом обратного хода, гребные колеса, выигрышные на мелководье и малых скоростях, а так же вариант туерной переправы.

Движение и маневрирование парома может быть обеспечено с помощью механического (ручного) либо автоматизированного (беспилотного) режимов управления. Нормативно-правовые документы, требования по эксплуатации и безопасности судоходства накладывают определенные ограничения на маломерные суда и управление ими [3]. Сложность сертификации и реализации индивидуальной переправы представляется именно в управлении паромом. Чтобы исключить человеческий фактор, управление в идеале должно быть беспилотным, т.е. полностью автоматизированным.

На основании этого скомпонованы две принципиальных схемы парома: механический паром с винтовым двигателем и автоматизированный паром с колесным двигателем. Рассмотрим их подробнее.

### Вариант винтового двигателя и механического управления

Механическая схема характеризуется значимо меньшим бюджетом разработки и отсутствием необходимости использования автопилота, но сопряжена с большими расходами на сертификацию. На рисунке 4 представлена схема основных узлов передаточного механизма с выходом на винторулевую колонку с автореверсом направления движения парома.

Момент снимается с колес посредством расположения автомобиля на валики поворотных площадок - барабанов (1), усилие передается на двигатель (8) посредством механической передачи, включающей в себя цепные передачи, конические передачи, валы и их опоры, гидравлическую передачу усилия (7) на перо руля (9).

Понимая сложности, связанные с сертификацией, предлагается использовать систему помощи принятия решений[4]. Центральный блок управления (4) питается от генератора (2). Опираясь на данные блока GSM/GPS/ГЛОНАСС (6), центральный

блок управления «советует» водителю предпринимать те или иные действия в понятной для каждого водителя форме: подачей светового сигнала на светофоре (5).

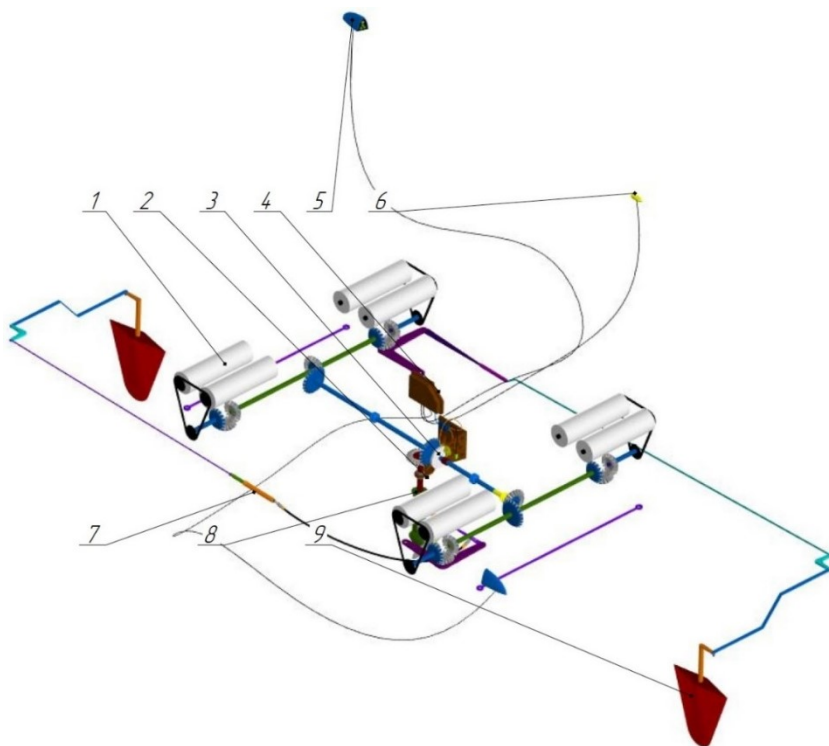


Рис. 4. Основные узлы парома с винтовым двигателем:

- 1 - валики, воспринимающие момент колеса машины; 2 - электромуфта и генератор;
- 3 - тормоз; 4 - блок управления; 5 - светофор; 6 - GSM/GPS/глонасс антенна;
- 7 - гидравлика; 8 - винтовая колонка автоматического реверса; 9 - перо руля.

Предусматривая в будущем коммерциализацию использования парома посредством аренды через приложения, для предотвращения несанкционированного использования парома в схему включены электромуфта (2), предотвращающая передачу момента на движитель, а также тормоз (4), облегчающий съезд и заезд на паром.

#### **Вариант с гребным колесом и автоматизированным управлением**

Беспилотное управление парома характеризуется гораздо меньшими расходами на сертификацию, но значительно большими расходами на разработку, в первую очередь, сопряжённую с системой автопилотирования. В механическом плане такая система безусловно более проста, что несомненно положительно повлияет на эксплуатационные расходы. Простота вытекает не только из отсутствия системы рычагов и гидравлики для передачи поворота руля автомобиля на управляющий орган парома (см. рис. 4), но и отпадающей необходимостью в наличии одной сдвигной оси, так как остается лишь необходимость в снятии момента, и отпадает необходимость в снятии направляющего воздействия, задаваемого рулем автомобиля.

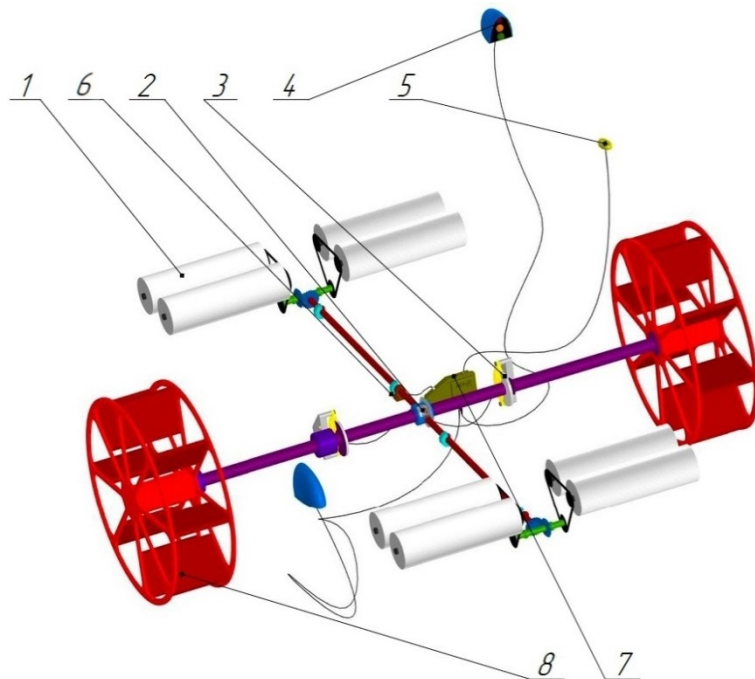


Рис. 5. Устройство паром с гребными колесами:  
1 - валики; 2 - дифференциал; 3 - тормоз; 4 - светофор; 5 - GSM/GPS/глонасс антенна;  
6 - генератор; 7 - блок управления; 8 - гребное колесо

Момент аналогично механической системе снимается с валиков (1) и передается на гребные колеса (8), посредством механической передачи, включающей в себя цепные передачи, конические передачи, валы и их опоры. Использование колесного движителя подразумевает внедрение дифференциала (2) для дозирования крутящего момента между колесами. Управление происходит посредством притормаживания одной из осей дисковым тормозом (3). Притормаживая одна полуось (одно гребное колесо) замедляет вращение, что обеспечивает поворот или разворот[5]. За счет дифференциала и гребных колес можно получить минимальный радиус циркуляции.

Для паром с малой осадкой и небольших размеров 8 на 5 м были подобраны гребные колеса диаметром 1 м, погруженные в воду на 1/5 части своего диаметра, имеющие 7-9 простых прямых плиц для движения в обе стороны без разворота.

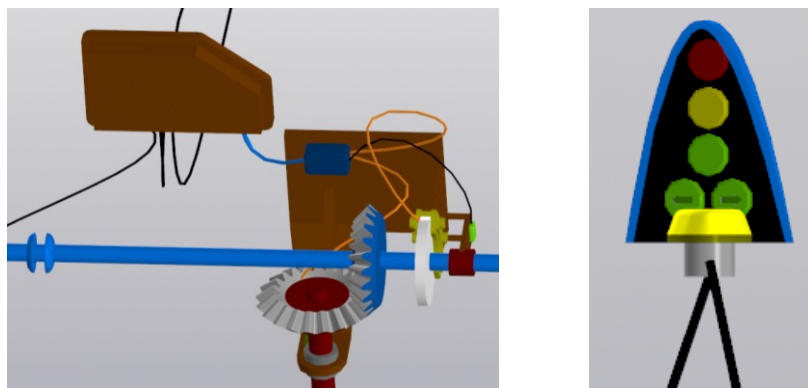


Рис. 6. Блок управления и пульт ДУ «Светофор»

Для реализации автоматизированного управления блок управления (7), питаемый генератором (6), опираясь на данные GSM/GPS/ГЛОНАСС антенны (5), выполняет программу автопилотирования, при необходимости генерирует управляющие сигналы на тормоза (3) и подает сигналы водителю в форме светового сигнала на «светофоре» (4) (рис.6).

Блок управления так же обрабатывает сигналы с датчиков, необходимость в которых может возникнуть в процессе разработки автопилота для принятия решения и открывает возможность коммерциализации использования парома путем аренды через приложение.

### **Сравнительная оценка винтового и колесного движителя**

Не зависимо от выбора системы управления в рамках проектирования индивидуального парома показывает, что при малых скоростях переправы, до 10 км/ч, гребное колесо является более выгодным и рациональным решением [6]:

- на малых скоростях и большом сопротивлении движению тяга гребного колеса способна удвоиться по сравнению с винтом и водометом;
- на мелководье с глубиной менее 1 м при малой осадке судна, как в нашем случае удельный упор и КПД на единицу мощности выше, чем у винта;
- на глубинах меньших 0.5 м использование винта может привести к его поломке, в то же время для безопасной работы гребного винта потребуется  $\frac{1}{4}$  его диаметра;
- из-за лучшего срагивания с места, более чуткой управляемости на малых скоростях и торможения при ручном управлении водитель в машине быстрее адаптируется;
- визуальный технический осмотр движителя легче (не нужно поднимать из воды как винт, если что-то намоталось).

Если говорить о системах управления паромом, перевес в сторону беспилотного режима очевиден по совокупности множества параметров: простота механизма, безопасность движения, более прозрачная сертификация, единая информационная база, интуитивно-понятное специально разработанное приложение и т.п.

### **Альтернативный вариант парома**

В настоящее время IT-технологии в области современных навигационных систем и безэкипажного судовождения только разрабатываются, причем не только в области программирования [7], но и на правовом и законодательном уровне. Так как эти задачи сегодня являются одним из приоритетных государственных направлений, в ближайшей перспективе они должны быть решены.

На текущий момент для реализации создания индивидуальной паромной переправы с ручным управлением может быть предложен вариант по типу туерного буксира или кабестана. Кабестан - это лебедка (по сути судовой шпиль) с вертикальным барабаном для передвижения судна и его подтягивания к берегу. Туер – вид речного судна, буксир, движущийся вдоль уложенной по дну цепи или троса.

С помощью автомобильной тяги кабестан, расположенный в корпусе парома, приходит в движение и начинает перематывать цепь или трос, проложенный по дну реки. Цепь поднимается из воды впереди движущегося парома, далее через клюзы подводится к барабану по направляющим роликам через блоки, и, сматываясь с барабана сзади корпуса, снова погружается в воду. [8]. Такой вариант парома на автоприводе является самым простым и вместе с тем самым надежным и безопасным,



так как исключает человеческий фактор. Для страгивания с места, движения по реке и торможения у противоположного берега водителю останется использовать только педали «газ и тормоз».

В качестве примера можно сделать ссылку на дизель-электроход буксир «Енисей», с туерной лебедкой в качестве основного движителя, предназначенный для проводки судов вверх по реке Енисей через Казачий порог [9].

Туерная переправа выигрывает на мелководье, на реках с сильным течением, большим количеством порогов и перекатов, а так же расположением населенных пунктов напротив друг друга. В условиях отсутствия автоматизированного управления, паром-туер с приводом от автомобиля на сегодняшний день выглядит наиболее реалистичным и целесообразным вариантом переправы.

### **Перспективы реализации проекта**

Создание программного обеспечения и автоматизированной навигационной системы в совокупности с соответствующим правовым сопровождением на законодательной основе сделают реализацию данного проекта весьма актуальной и востребованной. Сроки реализации проекта до окончательной проектной документации оцениваются в 8 месяцев без проведения сертификации, что так же подготавливает благоприятную почву для дальнейшей коммерциализации проекта. Использование индивидуальных паромных переправ по принципу каршеринга (сервиса краткосрочной аренды автомобиля) несет в себе огромный потенциал, не говоря о стратегическом развитии всего спектра направлений, связанных с проблемами акваторий России. За налаживанием сообщения между соседними населенными пунктами на разных берегах реки последует восстановление нарушенных и развитие современных производственных, хозяйственных и гуманитарных цепочек. Сразу подтянутся логистические и инфраструктурные решения прибрежных зон. За развитой инфраструктурой неизбежно расцветет туризм, появятся новые типы плавсредств [10] с малой осадкой, в речных глубинках России начнут развиваться связь, промышленность, и как следствие, остановится отток населения из ранее глухих мест с вероятным обратным эффектом.

### **Список литературы**

1. Список мостов через Волгу – Википедия, версия от 09.06.22. URL: <https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title>
2. Малые реки и транспортная сеть России. URL: <https://www.nikshkiper.ru/articles/> ;
3. Технический регламент таможенного союза ТР ТС 026/2012 о безопасности маломерных судов, от 15.06.2012 N 33. <https://docs.cntd.ru/document/902352820> ;
4. Макшанов А.В., Журавлев А.Е., Тындыкарь Л.Н.. Системы поддержки принятия решений. Прикладная информатика, 2020.-105с.: ил-ISBN: 978-5-8114-5492-1;
5. Балдин, В. А. Детали машин и основы конструирования. Передачи : учебник для вузов / В. А. Балдин, В. В. Галевко ; под редакцией В. В. Галевко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. - 333 с. ил - ISBN 978-5-534-06285-4;
6. Фальмонов Е.В. Возвращение колеса. //Экспертный Союз, 17 мая, 2019/ URL: <http://unionexpert.su/vozvrashhenie-kolesa/> ;
7. Шаошань Лю, Лиюнь Ли, Цзе Тан, Шуаш Ву, Жан-Люк Годье. Разработка беспилотных транспортных средств. Автоматика. Вычислительная техника, 2020. - 246с.: ил-ISBN: 978-5-97060-969-9;
8. Речное судоходство в России.- М.: Транспорт, 1985. с. 210-212
9. Технические характеристики судна Туер Енисей Буксир URL: <https://www.korabel.ru/fleet/info/7706.html> ;
10. Гордлеева И.Ю., С.Д. Гордлеев, И.В. Никитаев Обзор импортозамещения на рынке хаусботов и предложение по выбору силового агрегата с применением гидроприводов. // Научные проблемы водного транспорта № 68 2021: - ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – 2021.

### References

1. List of bridges across the Volga – Wikipedia, version from 09.06.22. URL: <https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title>
2. Small rivers and the transport network of Russia. URL: <https://www.nikshkiper.ru/articles/>;
3. Technical Regulations of the Customs Union TR CU 026/2012 on the safety of small vessels, dated 15.06.2012 N 33. <https://docs.cntd.ru/document/902352820> ;
4. Makshanov A.V., Zhuravlev A.E., Tyndykar L.N. Decision support systems, Applied Informatics, 2020.-105p.:ISBN: 978-5-8114-5492-1;
5. Baldin, V.A. Machine parts and design basics. Transfers: a textbook for universities / V. A. Baldin, V. V. Galevko; edited by V. V. Galevko. - 2nd ed., revised. and additional - Moscow: Yurayt Publishing House, 2023. - 333p. ISBN 978-5-534-06285-4;
6. Falmonov E.V. The return of the wheel. //Expert Union, May 17, 2019/ URL: <http://unionexpert.su/vozvrashhenie-kolesa/> ;
7. Shaoshan Liu , Liyun Li , Jie Tang , Shuang Wu , Jean-Luc Gaudiot. Creating Autonomous Vehicle Systems, Second Edition. Automation. Computer Engineering,2020.-246p.: ISBN: 978-5-97060-969-9;
8. River navigation in Russia. - М.: Transport, 1985. pp. 210-212 ;
9. Technical characteristics of the vessel Tuer Yenisei Tugboat URL: <https://www.korabel.ru/fleet/info/7706.html> ;
10. Gordleeva I.Yu., S.D. Gordleev, I.V. Nikitaev Overview of import substitution in the houseboat market and a proposal for choosing a power unit using hydraulic drives. // Scientific problems of water transport No. 68 2021: - FBSEI of HE «VSUWT» - 2021

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Гордлеева Ирина Юрьевна**, к.ф.-м.н.,  
доцент, доцент кафедры подъемно-  
транспортных машин и машиноремонта,  
Волжский государственный университет  
водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»),  
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова,  
5, e-mail: [vishkind@rambler.ru](mailto:vishkind@rambler.ru)

**Irina Y. Gordleeva**, Ph. D., Associate  
Professor, Associate Professor of the  
Department of Lifting and Transport Machines  
and Machine Repair., Volga State University of  
Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny  
Novgorod, 603951

**Ушаков Егор Валерьевич**,  
студент специальности 26.05.06, 3 курс,  
Волжский государственный университет  
водного транспорта» (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»),  
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова,  
5, e-mail: [eushk1@gmail.com](mailto:eushk1@gmail.com)

**Egor V. Ushakov**, a student of the specialty  
26.05.06, 3rd year, Volga State University of  
Water Transport, 5, Nesterov st, Nizhny  
Novgorod, 603951, e-mail: [eushk1@gmail.com](mailto:eushk1@gmail.com)

Статья поступила в редакцию 14.06.2023; опубликована онлайн 20.12.2023.  
Received 14.06.2023; published online 20.12.2023.