

Журнал выходит на русском языке с 2002 года  
Периодичность – 4 выпуска в год

# Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока

Учредитель журнала  
Сибирский государственный  
университет водного транспорта **#3 2023**

## Редакционная коллегия

Сичкарёв В.И. докт. техн. наук, проф.;  
Глушков С.П. докт. техн. наук, проф.;  
Манусов В.З. докт. техн. наук, проф.;  
Зайцев В.П. докт. хим. наук, проф.;  
Сибриков Д.А. канд. техн. наук, доц.;  
Кудряшов А.Ю. канд. техн. наук, доц.;  
Бунеев В.М. докт. экон. наук, проф.;  
Пилипенко Т.В. канд. техн. наук, доц.;  
Сальников В.Г. докт. техн. наук, проф.;

## Редакция журнала

Главный редактор –  
Палагушкин Б.В. – докт. техн. наук, проф.  
тел. (383)222-19-48  
Заместитель главного редактора –  
Лебедев О.Ю. – канд. техн. наук, доц.  
тел. (383)221-47-51  
Рослякова О.В. – канд. техн. наук, доц.  
тел. (383)222-38-32  
Иванова Е.В. – докт. техн. наук, проф.  
тел. (383)222-62-35  
Ответственный секретарь –  
Синицин В.И.  
тел./факс (383)222-01-45

## НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

*Научный журнал*

Учредитель журнала  
Сибирский Государственный  
Университет Водного Транспорта

Журнал выходит  
на русском языке с 2002 года

Периодичность – 4 выпуска в год

*Журнал широкой научной тематики:*

- Эксплуатация и экономика транспорта
- Путь. Путевое хозяйство
- Судовождение
- Теплоэнергетика
- Электроэнергетика
- Экология
- Транспортное образование

### Редакция журнала

*Главный редактор*  
**Палагушкин Борис Владимирович**,  
докт. техн. наук, профессор

*Заместители главного редактора:*  
**Лебедев Олег Юрьевич**,  
канд. техн. наук, доцент

**Рослякова Оксана Вячеславовна**,  
канд. техн. наук, доцент

**Иванова Елена Васильевна**,  
докт. техн. наук, профессор

### Редакционная коллегия

**Сичкарёв Виктор Иванович** – докт. техн. наук,  
профессор кафедры Судовождения Сибирского  
государственного университета водного  
транспорта

**Глушков Сергей Павлович** – докт. техн. наук,  
профессор кафедры Технологии транспортного  
машиностроения и эксплуатации машин  
Сибирского государственного университета путей  
сообщения

**Манусов Вадим Зиновьевич** – докт. техн. наук,  
профессор кафедры Систем электроснабжения  
предприятий Новосибирского государственного  
технического университета

**Зайцев Валерий Павлович** – докт. хим. наук,  
профессор, кафедры Физики, химии и  
инженерной графики Сибирского  
государственного университета водного  
транспорта

## NAUCHNYE PROBLEMY TRANSPORTA SIBIRI I DAL'NEGO VOSTOKA

*Science Magazine*

The founder of the journal  
Siberian State University  
of Water Transport

The magazine is published  
in Russian in 2002

Frequency – 4 issues per year

*Science magazine with the headings:*

- Transport operation and economics
- Infrastructure of transport routes
- Management and maintenance of means of transport
- Heat power industry
- Electric power industry
- Ecology
- Transport Education

### The editorial staff

*Editor in Chief*  
**Palagushkin Boris**  
Doctor of Technical Sciences, Professor

*Deputy chief editor:*  
**Lebedev Oleg**  
Ph. D. of Technical Sciences, Assoc. prof.

**Roslyakova Oksana**  
Ph. D. of Technical Sciences, Assoc. prof.

**Ivanova Elena**  
Doctor of Technical Sciences, Professor

### Editorial team

**Sichkarev Victor** – Doctor of Technical  
Sciences, Professor at the Department of  
Navigation in Siberian State University of Water  
Transport

**Glushkov Sergey** – Doctor of Technical Sciences,  
Professor at the Department of Technologies of  
transport engineering and operation of machines of  
the Siberian State Transport University

**Manusov Vadim** – Doctor of Technical Sciences,  
Professor at the Department of Power supply  
systems of enterprises of Novosibirsk State  
Technical University

**Zaitsev Valery** – Doctor of Chemical Sciences,  
Professor at the Department of Physics,  
Chemistry and Engineering Graphics of the  
Siberian State University of Water Transport

---

## ABOUT THE JOURNAL

---

**Сибриков Дмитрий Александрович** – канд. техн. наук, доцент кафедры Судовые энергетические установки Сибирского государственного университета водного транспорта

**Кудряшов Александр Юрьевич** – канд. техн. наук, доцент кафедры Строительного производства, конструкций и охраны водных ресурсов Сибирского государственного университета водного транспорта

**Бунеев Виктор Михайлович** – докт. экон. наук, профессор кафедры Управления работой флота Сибирского государственного университета водного транспорта

**Пилипенко Татьяна Викторовна** – канд. техн. наук, доцент кафедры Водных изысканий, путей и гидротехнических сооружений Сибирского государственного университета водного транспорта

**Сальников Василий Герасимович** – докт. техн. наук, профессор кафедры Электроэнергетических систем и электротехники Сибирского государственного университета водного транспорта

**Sibryakov Dmitry** – Ph. Doctor of Technical Sciences, Associate professor of the Department of Marine Power Plants of the Siberian State University of Water Transport

**Kudryashov Alexander** – Ph. Doctor of Technical Sciences, Associate professor at the Department of Construction Production, Structures and Protection of Water Resources of the Siberian State University of Water Transport

**Buneev Viktor** – Doctor of Economic Sciences, Professor at the Department of Fleet Management of the Siberian State University of Water Transport

**Pilipenko Tatiana** – Ph. Doctor of Technical Sciences, Associate professor of the Department of Water Surveys, Ways and Hydraulic Structures of the Siberian State University of Water Transport

**Salnikov Vasily** – Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Electric Power Systems and Electrical Engineering of the Siberian State University of Water Transport



## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НА СКЛАДЕ ПРЕДПРИЯТИЯ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Л.В. Пахомова, О.В. Щербакова, Т.А. Косова

### IMPROVING THE OPERATIONS OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS IN THE WAREHOUSE OF THE ENTERPRISE

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

L.V. Pahomova (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

O.V. Shcherbakova (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

T.A. Kosova (Student of SSUWT)

---

**ABSTRACT:** The warehouse is one of the key links in the production process of the enterprise, which ensures the efficient operation of the entire supply chain and ensures proper storage of finished products. In the conditions of modern business, companies are forced to fight for every customer and constantly improve the quality of their products, which is impossible without optimizing the technological process in the warehouse. The article discusses several approaches that will help the company to reduce costs in the warehouse and increase the level of service for its customers.

---

**Keywords:** Warehouse, warehouse processes, improvement of warehouse processes, process optimization, process optimization methods, development planning.

Склад – это одно из ключевых звеньев в производственном процессе предприятия, которое обеспечивает эффективную работу всей цепочки поставок и обеспечивает надлежащее хранение готовой продукции. В условиях современного бизнеса компании вынуждены бороться за каждого клиента и постоянно улучшать качество своей продукции, что невозможно без оптимизации технологического процесса на складе. В статье рассмотрено несколько подходов, которые помогут предприятию снизить издержки на складе и повысить уровень сервиса для своих клиентов.

**Анализ текущих операций на складе.** Перед тем, как приступить к совершенствованию операций технологического процесса на складе предприятия, необходимо провести анализ текущих операций. Данный этап позволит идентифицировать проблемные моменты в работе склада и определить области для улучшения.

Один из первых шагов в анализе текущих операций – это описание каждого этапа процесса работы склада. Необходимо разбить процесс на отдельные действия, начиная от приемки товаров и заканчивая отправкой готовой продукции клиентам. Важно учитывать все возможные факторы, которые могут повлиять на успешность выполнения каждого этапа: от объема поставок до состояния складских помещений.

После этого можно перейти к сбору данных о текущих операциях на складе. Нужно отслеживать время, затраченное на выполнение каждого действия: приемка товаров, размещение их на полках, подготовка к отправке клиентам и т.д. Также следует обратить внимание на количество ошибок или задержек в работе.

Полученная информация может быть использована для выделения основных проблемных мест. Например, если время приемки товаров занимает слишком много времени, необходимо рассмотреть возможность ускорения этого процесса. Если же наибольшее количество ошибок происходит в процессе отгрузки продукции клиентам, то следует обратить внимание на этот этап и найти способы минимизации ошибок.

Для более детальной оценки текущих операций можно использовать инструменты управления качеством. Например, можно провести анализ причин и последствий (Fishbone diagram), чтобы выявить корни проблем. Другой полезный инструмент – это измерение эффективности работы склада (KPI). Здесь важно определить ключевые показатели, которые помогут оценить работу склада: скорость выполнения заказов, степень использования складских площадей и т.д.

Важно помнить, что анализ текущих операций – это лишь первый шаг в совершенствовании технологического процесса на складе предприятия. Полученные данные должны быть использованы для разработки стратегии изменений и улучшений.

**Выбор и внедрение новых технологий на складе.** Современные технологии играют важную роль на складах предприятий. Однако, внедрение новых технологий на складе может потребовать значительных инвестиций, которые могут быстро окупиться благодаря повышению эффективности работы склада и сокращению времени доставки товаров до потребителя.

Перед выбором новых технологий необходимо провести анализ текущего состояния склада, выявить проблемы, которые могут быть решены с помощью внедрения новых технологий. Одна из основных проблем, которую можно решить с помощью новых технологий - это оптимизация процесса управления запасами.

Для управления запасами на складе могут использоваться различные методы и подходы, такие как метод ABC-анализа или метод FIFO (First In First Out). С помощью автоматизированных систем управления запасами можно значительно ускорить процесс определения количества товаров на складе и контроля за их перемещением.

Одной из наиболее популярных технологий для автоматизации управления запасами является система WMS (Warehouse Management System). Эта система позволяет контролировать движение товаров на складе, управлять процессом комплектации и отгрузки заказов, а также оптимизировать использование пространства на складе.

Другой важной технологией, которая может быть использована для оптимизации работы склада – это RFID (Radio-Frequency Identification). С помощью этой технологии можно быстро и точно определять местонахождение товаров на складе, что позволяет сократить время поиска необходимых товаров и повысить эффективность работы персонала.

Еще одной важной технологией для ускорения операций на складе является автоматическая система сортировки. Эта система позволяет автоматически разделять товары по категориям или заказам, что значительно сокращает время обработки заказов и повышает точность выполнения операций.

При выборе новых технологий для внедрения на складе необходимо учитывать ряд факторов, таких как стоимость внедрения и эксплуатации, сложность использования, возможности интеграции с другими системами предприятия и дополнительные требования к персоналу.

**Обучение сотрудников и оптимизация процессов.** Для совершенствования операций технологического процесса на складе предприятия необходимо обратить внимание на обучение сотрудников и оптимизацию процессов.

Обучение сотрудников является одной из ключевых составляющих успешного функционирования склада. Важно, чтобы каждый работник имел полное представление о своей роли в технологическом процессе, знал правила безопасности и умел работать со всеми используемыми на складе инструментами и оборудованием. Для этого можно проводить регулярные тренинги и курсы повышения квалификации. Обучение должно быть доступным для всех работников, независимо от должности и стажа работы.

Оптимизация процессов также играет важную роль в улучшении работы склада. Неэффективные или сложные процессы могут привести к задержкам в выполнении заказов и потерям времени и денег.

Для оптимизации процессов необходимо:

- анализировать текущие методы работы: это позволит выявить узкие места в технологическом процессе и найти способы их устранения;
- внедрять новые технологии: использование новых технологий может значительно улучшить производительность склада и сократить время выполнения задач;
- разрабатывать планы действий: планирование помогает определить последовательность действий в процессе выполнения задачи, что уменьшает вероятность ошибок и повышает эффективность работы;
- определять стандарты качества: определение стандартов качества поможет обеспечить соответствие продукции требованиям заказчика и повысит репутацию предприятия;
- автоматизировать процессы: автоматизация процессов позволяет сократить время выполнения задачи, уменьшить количество ошибок и повысить точность работы.

Важно помнить, что оптимизация процессов на складе – это непрерывный процесс. Необходимо постоянно анализировать результаты и вносить изменения для повышения эффективности работы склада.

Таким образом, обучение сотрудников и оптимизация процессов являются ключевыми факторами совершенствования операций технологического процесса на складе предприятия.

**Оценка эффективности новых операций на складе.** При внедрении новых операций на складе предприятия необходимо произвести оценку их эффективности. Это позволит определить, насколько успешно была реализована новая технология и какие изменения нужно внести для улучшения ее работы.

Первым шагом при оценке эффективности является сбор информации о работе склада до и после внедрения новой операции. Например, можно проанализировать данные о продолжительности времени обработки заказов, количестве ошибок при сборке товаров, объемах переработки или простоя складских единиц.

Далее следует провести анализ полученных данных и выделить основные факторы, которые повлияли на результаты работы. Например, может быть выявлено, что уменьшение времени обработки заказов было связано с использованием нового программного обеспечения или автоматизированными системами сборки товаров.

После этого необходимо определить степень полезности каждой из новых операций для работы склада. Для этого можно использовать метод экономической оценки эффекта (ROI), который учитывает затраты на внедрение новой технологии и предполагаемые экономические выгоды.

Если новые операции оказались эффективными, то следует проанализировать возможности их дальнейшего усовершенствования. Например, можно обратить внимание на оптимизацию процессов или автоматизацию дополнительных этапов работы склада.

В случае, если новые операции не привели к достижению ожидаемых результатов, следует провести анализ причин и попытаться найти способы устранения проблем. Например, может быть необходимо изменить методы обучения персонала или провести дополнительную настройку программного обеспечения.

При оценке эффективности новых операций на складе предприятия важно помнить о том, что каждая технология должна быть адаптирована к конкретным условиям работы склада и потребностям клиентов. Только такой подход позволит достичь максимальной эффективности работы склада и повысить конкурентоспособность предприятия.

**Планирование дальнейшего развития технологического процесса на складе.** В условиях растущей конкуренции и стремительно меняющегося рынка, оптимизация операций на складе предприятия является одним из ключевых факторов успеха. Планирование дальнейшего развития технологического процесса на складе становится необходимой задачей для управления ресурсами и максимизации эффективности работы.

**Шаг 1: Анализ текущего состояния технологического процесса.** Перед тем как начать планирование будущих изменений, необходимо провести анализ текущего состояния технологического процесса на складе. Это поможет выявить слабые места и проблемы, которые мешают эффективной работе. При анализе стоит задавать ключевые вопросы.

1. Какие операции занимают больше времени?
2. Какие материалы часто оказываются в недостатке?
3. Есть ли проблемы с оборудованием или инфраструктурой?
4. Какая часть технологического процесса требует больше ресурсов?

**Шаг 2: Определение целей и задач.** Определение целей и задач является следующим шагом в планировании дальнейшего развития технологического процесса на складе. Цели должны быть конкретными, измеримыми, достижимыми, релевантными и ограниченными по времени (SMART-критерии).

1. Сокращение времени на обработку заказов до 24 часов.
2. Уменьшение количества ошибок при отгрузке на 50%.
3. Повышение использования оборудования до 80%.

**Шаг 3: Разработка стратегий.** После определения целей и задач необходимо разработать стратегии для их достижения. Стратегии могут включать в себя:

- внедрение новых технологий: автоматизация процессов, использование смарт-технологий для отслеживания материалов и поставок;
- оптимизация инфраструктуры: расширение складских помещений, ремонт или замена старого оборудования;
- обучение персонала: повышение квалификации работников склада.

**Шаг 4: Оценка эффективности.** Последний шаг – это оценка эффективности изменений, внесенных в технологический процесс. Это позволит узнать, насколько хорошо стратегии работают и какие еще изменения могут быть необходимы. Для этого можно использовать различные методы оценки.

1. Сравнение показателей до и после: сокращение времени на обработку заказов, уменьшение количества ошибок при отгрузке и т.д.
2. Анализ затрат: сколько было потрачено на ремонт или замену оборудования, обучение

персонала и т.д.

3. Обратная связь от клиентов: опрос клиентов о качестве услуг склада.

Планирование дальнейшего развития технологического процесса на складе является ключевой задачей для управления ресурсами и максимизации эффективности работы. Анализ текущего состояния технологического процесса, определение целей и задач, разработка стратегий и оценка эффективности – это основные шаги в этом процессе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бердникова, Т.Б. Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности предприятия: учебное пособие / Т.Б. Бердникова. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 213 с.
2. Брыкин, А.В. Логистика XXI века и единое евразийское информационное пространство / А.В. Брыкин. – М.: Наука, 2016. – 186 с.
3. Иванов, Г.Г. Складская логистика: учебник / Г.Г. Иванов, Н.С. Киреева. – М.: Инфра-М. 2017. – 192 с.

REFERENCES

1. Berdnikova, T.B. Analysis and diagnostics of financial and economic activity of the enterprise: textbook / T.B. Berdnikova. – M.: INFRA-M, 2016. – 213 p.
2. Brykin, A.V. Logic of the XXI century and the unified Eurasian information space / A.V. Brykin. – M.: Nauka, 2016. – 186 p.
3. Ivanov, G.G. Warehouse logistics: textbook / G.G. Ivanov, N.S. Kireeva. – M.: Infra-M. 2017. – 192 p.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*Склад, складские процессы, совершенствование складских процессов, оптимизация процессов, методы оптимизации процессов, планирование развития.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Пахомова Людмила Владимировна, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Щербакова Ольга Валерьевна, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Косова Татьяна Андреевна, студент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**Л.В. Пахомова, Е.Л. Муратова**

**USING OF INFORMATION TECHNOLOGY IN THE TRANSPORT INDUSTRY**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**L.V. Pahomova** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

**E.L. Muratova** (Student of SSUWT)

**ABSTRACT:** Currently, information technology is an integral part of our lives. They penetrate into all spheres of activity, including the transport industry. The use of information technologies in the transport industry can significantly increase the efficiency of work, provide safety and comfort for passengers, as well as improve the conditions of operation and maintenance of vehicles. The article deals with the question – information technologies and the transport industry, what is the connection between them?

**Keywords:** *Information technologies, IT communication with transport, cyber security, transport automation, cargo flow management.*

В настоящее время информационные технологии являются неотъемлемой частью нашей жизни. Они проникают во все сферы деятельности, включая и транспортную отрасль. Использование информационных технологий в транспортной отрасли позволяет значительно повысить эффективность работы, обеспечить безопасность и комфорт для пассажиров, а также улучшить условия эксплуатации и обслуживания транспортных средств. В статье рассматривается вопрос – информационные технологии и транспортная отрасль, какая связь между ними?

Информационных технологий в транспортной отрасли отвечают за оптимизацию процессов, повышение безопасности и улучшение качества услуг. Информационные технологии используются для автоматизации и улучшения управления транспортными процессами, включая управление транспортными потоками, контроль за скоростью движения и т.д. Безопасность также является важным аспектом в транспортной отрасли, и информационные технологии играют роль в обеспечении безопасности транспортных систем. Например, системы видеонаблюдения и контроля обеспечивают безопасность пассажиров и грузов. В целом, информационные технологии способствуют повышению эффективности, безопасности и управляемости транспортной отрасли, улучшая качество услуг и сокращая время и затраты на

перевозку. Также информационные технологии помогают создавать умные города и развивать новые виды транспорта, такие как автономные и электрические транспортные средства.

Что такое информационные технологии? Информационные технологии (ИТ) – это область знаний, связанная с использованием компьютеров, программного обеспечения и сетей для сбора, хранения, обработки и передачи информации. ИТ включает в себя такие области, как разработка программного обеспечения, управление базами данных, сетевые технологии, интернет-технологии, кибербезопасность и другие. Информационные технологии широко применяются во многих сферах, включая бизнес, образование, здравоохранение, науку, развлечения и другие. ИТ играют ключевую роль в современном мире, обеспечивая эффективную коммуникацию, автоматизацию процессов, хранение и обработку данных, а также создание новых технологических решений и инноваций.

**Информационные технологии в транспортной отрасли.** Информационные технологии играют важную роль в транспортной отрасли.

1. Улучшение операций и эффективности: информационные технологии позволяют автоматизировать и оптимизировать различные процессы, такие как управление запасами, маршрутизация и отслеживание грузов, управление транспортными средствами и диспетчеризация, что помогает снизить затраты и повысить производительность.

2. Усовершенствование безопасности: информационные технологии позволяют вести наблюдение и контроль за транспортными средствами, обеспечивая безопасность, как для водителей, так и для пассажиров. Например, системы мониторинга и контроля могут помочь предотвратить кражу или угоны транспортных средств.

3. Улучшение управления транспортной инфраструктурой: информационные технологии позволяют собирать и анализировать данные о дорожной сети и транспортных потоках, что помогает оптимизировать планирование и управление транспортной инфраструктурой. Например, системы умного города могут использовать данные о дорожной нагрузке для оптимизации времени светофоров или предупреждения о возможных пробках.

4. Повышение удобства для пассажиров: ИТ позволяют предоставлять информацию о расписаниях, доступности билетов, маршрутах и других важных данных для пассажиров. Например, мобильные приложения и онлайн-сервисы позволяют пассажирам планировать свои поездки, оплачивать билеты и получать актуальную информацию о состоянии транспорта.

5. Снижение негативного влияния на окружающую среду: ИТ могут помочь в разработке и внедрении эффективных транспортных систем, которые способствуют снижению выбросов вредных веществ и энергопотребления. Например, системы управления транспортом могут оптимизировать маршруты и скорость движения, чтобы снизить расход топлива и выбросы CO<sub>2</sub>.

В целом, информационные технологии имеют решающее значение для улучшения эффективности, безопасности и удобства в транспортной отрасли. Они помогают оптимизировать процессы, предоставлять лучший сервис для клиентов, повышать конкурентоспособность транспортных компаний и снижать негативное влияние на окружающую среду.

**Информационные технологии в управлении транспортными потоками.** Одним из основных направлений использования информационных технологий в транспортной отрасли является управление транспортными потоками. С помощью специальных систем управления транспортными потоками можно контролировать движение транспортных средств на дорогах, что позволяет избежать пробок, снизить количество аварий и помогает водителям принимать информированные решения о маршруте и избегать задержек. Такие системы основаны на сборе и анализе данных о движении транспортных средств с помощью различных сенсоров и камер, а также на использовании специальных алгоритмов для оптимизации потока.

**Использование информационных технологий в общественном транспорте.** Информационные технологии также активно применяются в общественном транспорте. Например, в некоторых городах существуют системы автоматического определения местоположения автобусов и трамваев, которые позволяют пассажирам узнать точное время прибытия транспорта на остановку с помощью мобильных приложений или интерактивных табло. Это значительно улучшает пассажирский сервис и позволяет сократить время ожидания транспорта. Вместо традиционных бумажных билетов, пассажиры могут использовать электронные билеты на своих смартфонах или других электронных устройствах. Это удобно и экологически дружелюбно. Эффективное использование информационных технологий в общественном

транспорте может стимулировать людей использовать общественный транспорт вместо личных автомобилей. Это поможет снизить количество автомобилей на дорогах и уменьшить пробки. Использование информационных технологий в общественном транспорте может значительно улучшить опыт путешествия для пассажиров, повысить эффективность операторов и сделать общественный транспорт более удобным и доступным.

**Беспилотные транспортные средства.** С развитием информационных технологий все большую популярность набирают беспилотные транспортные средства. Они оснащены специальными датчиками и камерами, которые собирают информацию о состоянии окружающей среды, такой как расстояние до других транспортных средств, скорость движения, препятствия и позволяют им самостоятельно перемещаться по дорогам без участия водителя. Системы искусственного интеллекта и компьютерного зрения используются для обнаружения и распознавания объектов на дороге, таких как другие автомобили, пешеходы и препятствия. Это позволяет беспилотным транспортным средствам принимать решения на основе полученной информации и избегать возможных аварий. Беспилотные транспортные средства обладают большей безопасностью и эффективностью, так как их движение контролируется специальными программами и алгоритмами, которые учитывают все возможные ситуации на дороге. Однако, как и в случае с общественным транспортом, использование информационных технологий в беспилотных транспортных средствах также сталкиваются с проблемами. Некоторые из них включают вопросы конфиденциальности данных, кибербезопасности и доступности для всех пользователей.

**Использование информационных технологий в грузоперевозках.** Информационные технологии также нашли широкое применение в грузоперевозках. Специальные системы управления грузоперевозками позволяют контролировать перемещение грузов, отслеживать их местоположение и состояние, а также оптимизировать маршруты доставки. Это позволяет снизить затраты на транспортировку грузов и повысить эффективность работы логистических компаний.

Одной из основных областей применения информационных технологий в транспортной отрасли является автоматизация управления транспортными потоками. С помощью специальных программных комплексов и систем управления можно контролировать и регулировать движение транспортных средств на дорогах, позволяя снизить количество аварий и пробок. Такие системы также позволяют сократить время доставки грузов и улучшить общую производительность транспортной системы.

Еще одним примером использования информационных технологий в транспортной отрасли является электронная система бронирования билетов и оплаты проезда. Благодаря таким системам пассажиры могут заранее забронировать и оплатить билеты, избегая очередей на кассах и сокращая время ожидания. Кроме того, электронные билеты позволяют проводить более точную статистическую обработку данных о пассажиропотоке и позволяют лучше планировать загруженность транспорта.

Также информационные технологии находят применение в области управления и контроля грузоперевозок. С помощью специальных программ и систем можно отслеживать местоположение грузовых автомобилей, контролировать температурный режим перевозимых товаров и обеспечивать безопасность грузов. Это позволяет сократить количество потерянных и поврежденных грузов, а также более точно планировать маршруты доставки.

Еще одним примером использования информационных технологий в транспортной отрасли является создание системы электронного документооборота. Благодаря такой системе можно сократить время, затрачиваемое на оформление различных документов, таких как накладные, таможенные декларации и т.д. Это позволяет снизить бюрократическую нагрузку на предприятия и повысить их эффективность.

Кроме того, информационные технологии могут быть использованы для создания более удобных и безопасных условий для пассажиров. Например, с помощью систем видеонаблюдения и контроля доступа можно предотвратить несанкционированный доступ на транспортные объекты и обеспечить безопасность пассажиров. Также можно создать специальные мобильные приложения, которые позволят пассажирам получать актуальную информацию о расписании, задержках и изменениях в работе транспорта.

качество предоставляемых услуг. Благодаря автоматизации управления транспортными потоками, электронной системе бронирования билетов, управлению грузоперевозками и электронному документообороту можно сократить время, затрачиваемое на выполнение

различных операций. Кроме того, информационные технологии позволяют создавать более безопасные и комфортные условия для пассажиров. Все это способствует развитию транспортной отрасли и улучшению жизни людей.

Одним из главных направлений использования информационных технологий в транспортной отрасли является автоматизация и управление транспортными процессами. С помощью специальных программ и систем управления можно отслеживать положение и перемещение транспортных средств, контролировать скорость движения, оптимизировать маршруты, регулировать трафик и управлять средствами связи. Это позволяет снизить вероятность аварий и задержек, а также повысить производительность и эффективность работы транспортной компании.

Еще одним важным аспектом использования информационных технологий в транспортной отрасли является сбор и анализ данных. С помощью специализированных систем можно собирать информацию о состоянии дорог, погодных условиях, загруженности маршрутов и других параметрах, которая затем анализируется и используется для принятия решений. Например, на основе анализа данных можно определить оптимальные маршруты, выбрать наиболее эффективные транспортные средства и планировать ремонтные работы. Это позволяет сэкономить время и ресурсы, а также улучшить качество транспортировки.

Информационные технологии также применяются для улучшения условий комфорта для пассажиров. С помощью мобильных приложений и интернет-сервисов пассажиры могут получать информацию о расписании, задержках, маршрутах и других важных параметрах. Кроме того, с помощью электронных билетов и безналичной оплаты можно сократить время, затрачиваемое на прохождение контроля и приобретение билетов. Это улучшает удобство и доступность общественного транспорта, а также повышает уровень сервиса для пассажиров.

Безопасность является одним из основных приоритетов в транспортной отрасли, и информационные технологии играют ключевую роль в обеспечении безопасности, как грузов, так и пассажиров. С помощью систем видеонаблюдения, датчиков и других технологий можно осуществлять контроль за грузом, предотвращать кражи и несанкционированный доступ, а также обнаруживать и предотвращать возможные аварийные ситуации. Кроме того, использование информационных технологий позволяет быстро реагировать на ЧП, организовывать эвакуацию и оказывать необходимую помощь.

Однако, использование информационных технологий в транспортной отрасли также сопряжено с некоторыми проблемами и рисками. Например, высокие затраты на внедрение и поддержку информационных систем, необходимость обучения персонала и защиты данных от несанкционированного доступа. Кроме того, существует риск сбоев и неполадок в работе систем, что может привести к задержкам и нарушению общей эффективности транспортировки.

В заключение, использование информационных технологий в транспортной отрасли имеет множество преимуществ и является неотъемлемой частью современного развития. Они позволяют повысить эффективность и безопасность транспортировки, оптимизировать работу транспортных компаний, улучшить условия комфорта для пассажиров, сократить временные затраты и расходы, а также снизить вредное воздействие на окружающую среду. Однако, необходимо учитывать риски и проблемы, связанные с внедрением и использованием информационных технологий, и принимать соответствующие меры для их минимизации. В целом, инвестиции в ИТ-решения в транспортной отрасли будут способствовать ее развитию, повышению конкурентоспособности и улучшению услуг для клиентов. Поэтому отрасль должна активно продолжать инвестировать в разработку и применение новых технологий для оптимизации своего потенциала.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вострецова, Е. В. Основы информационной безопасности [Текст] / Е. В. Вострецова. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2019 – 208 с.
2. Фисенко А.И. Информационные технологии на транспорте / Фисенко А.И. [Электронный ресурс] // Справочник от автор24: [сайт]. – URL: [https://spravochnick.ru/informacionnye\\_tehnologii/informacionnye\\_tehnologii\\_na\\_transporte/](https://spravochnick.ru/informacionnye_tehnologii/informacionnye_tehnologii_na_transporte/) (дата обращения: 01.08.2023).
3. Погосян, В.М. Информационные технологии на транспорте: учебное пособие / В.М. Погосян, С.И. Костылев, С.Г. Руднев. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 76 с.

#### REFERENCES

1. Vostretsova, E. V. Fundamentals of information security [Text] / E. V. Vostretsova. – Esa-Edinburgh: Ural University Press, 2019 – 208 p.
2. Fisenko A.I. Information technologies on transport / Fisenko A.I. [Electronic resource] // Handbook from the author 24: [website]. – URL: [https://spravochnick.ru/informacionnye\\_tehnologii/informacionnye\\_tehnologii\\_na\\_transporte/](https://spravochnick.ru/informacionnye_tehnologii/informacionnye_tehnologii_na_transporte/) (date of issue: 01.08.2023).
3. Pogosyan, V.M. Information technologies in transport: textbook / V.M. Pogosyan, S.I. Kostylev, S.G. Rudnev. – St. Petersburg: Lan, 2019. – 76 p.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Емкость склада, навигация, грузооборот, коэффициент складочности, коэффициент неравномерности.  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Пахомова Людмила Владимировна, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Муратова Екатерина Львовна, студент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

---

## **ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЕРЕГРУЗОЧНОЙ ТЕХНИКИ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**О.В. Щербакова, М.В. Балыкин, В.А. Юрьев, Р.К. Самородов**

### **FEATURES OF OPERATION OF TRANSHIPMENT EQUIPMENT IN THE CONDITIONS OF THE FAR NORTH**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**O.V. Sherbakova** (Ph. D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

**M.V. Balykin** (Student of SSUWT)

**V.A. Yuriev** (Student of SSUWT)

**R.K. Samorodov** (Student of SSUWT)

---

**ABSTRACT:** A large number of mining enterprises carry out mining activities using various special equipment and equipment in harsh climatic conditions. Natural and climatic conditions in these areas can be characterized as sharply variable: fluctuations in air pressure, strong winds, alternating calm, heavy snow cover for 8-9 months. In addition, the daily temperature fluctuations of the ambient air fluctuate (by 25-30 °C), the characteristic relative humidity of the air is accompanied by thick fogs at temperatures below minus 40 °C. In addition to severe weather conditions, difficult road and ground conditions have a negative impact on the work of special equipment. Climatic conditions have a significant impact both on the efficiency and reliability of machines and on the productivity of maintenance personnel. Naturally, in such harsh conditions, the operation of equipment is difficult and has its own characteristics.

---

**Keywords:** Operation of transshipment equipment, the far north, severe weather conditions, frozen ground, heating of equipment, parking and storage of equipment.

Большое количество горнодобывающих предприятий осуществляют деятельность по добыче полезных ископаемых, применяя различную специальную технику и оборудование в суровых климатических условиях. Природно-климатические условия в этих районах можно охарактеризовать как резко-переменные: колебания давления воздуха, сильные ветры, сменяющиеся штилем, мощный снеговой покров в течение 8-9 месяцев. Кроме того, суточные перепады температуры окружающего воздуха колеблются (на 25-30 °C), характерная относительная влажность воздуха сопровождается густыми туманами при температурах ниже минус 40°С. Помимо тяжёлых погодных условий, негативное влияние на работу специальной техники оказывают сложные дорожно-грунтовые условия. Климатические условия оказывают значительное влияние как на работоспособность и надёжность машин, так и на производительность труда обслуживающего персонала. Естественно, в таких суровых условиях эксплуатация техники затруднена и имеет свои особенности.

Низкие температуры существенно снижают надёжность и производительность экскаваторов и самосвалов из-за увеличения теплоотдачи двигателя, стойкости металлов к холоду и охлаждению узлов и агрегатов. Повышенная влажность воздуха влияет на работу электрооборудования, пневматических и гидравлических систем. При конденсации влаги в топливных баках и трубопроводах образуются ледяные пробки.

При понижении температуры условия работы двигателя быстро ухудшаются, а загустевание и парафинизация дизельного топлива затрудняют работу топливных систем. Повышение вязкости моторного масла увеличивает износ деталей шатунных и поршневых узлов. Запуск холодного двигателя способствует мгновенному износу вкладышей коленчатого вала. Поступление холодного воздуха в цилиндры двигателя увеличивает время наполнения цилиндров и избыток воздуха, что ухудшает смесеобразование и затрудняет самовоспламенение воздушной смеси. Низкие температуры охлаждающей жидкости и масла увеличивают износ двигателя в 2-2,5 раза.

Увеличивается количества отказов, особенно в гидросистеме. Если вязкость гидравлического масла находится в допустимых пределах, то его температура не должна опускаться

ниже 20 °С. Более высокая вязкость может затруднить работу золотников и других регулирующих устройств, снизить напор насоса, задержать срабатывание предохранительных клапанов, заклинить золотники и привести к выходу машины из строя.

На работу гидросистем в зимний период большое влияние оказывает снижение эластичности и морозостойкости резинотехнических изделий (уплотнений и шлангов). Поэтому перед пуском рабочего органа штоки гидроцилиндров должны быть очищены от льда и грязи, уплотнены брезентовыми шлангами, а масло в гидросистеме должно быть прогрето.

Шины нормальной конструкции (температура ниже -50°С) могут полностью разрушиться при наезде автомобиля на камни или неровности дороги. Если автомобиль припаркован на такой холодной обледенелой поверхности, а затем начинает движение, то от шины часто отрываются шашки протектора. Из-за абразивного характера карьерных дорог срок службы шин сокращается в два-три раза.

На машинах, специально предназначенных для работы в северных условиях, манжеты, сальники, уплотнительные кольца и другие резиновые изделия должны быть изготовлены из морозостойкой резины, которую можно использовать при температуре до -60°С. Основными причинами отказов пневмосистем в зимний период являются замерзший конденсат, образование ледяных пробок в трубопроводах и примерзание роликов и штоков. Для предотвращения этого при сильных морозах необходимо два-три раза в смену сливать конденсат и масло из ресивера и охладителя. Места, где имеются ледяные пробки, должны обогреваться не огневыми методами.

При эксплуатации экскаваторов и дизель-электрических самосвалов в условиях Крайнего Севера часто происходит отказ электрооборудования. Одной из причин этого является обледенение коллекторов, контактных колец и подвижных контактов пускателей и контроллеров, которое наблюдается при повышенной влажности воздуха, и последующее их обледенение, а также засорение щеток в щеткодержателях. В электрических машинах сопротивление уменьшается при снижении температуры обмоток.

Попадание снега и влаги в шкаф, где расположен контроллер, может привести к короткому замыканию. Поэтому при подготовке электрооборудования к работе в зимний период необходимо герметизировать шкаф управления, защитить электродвигатель от попадания снега и влаги, часто проверять коллекторы и щетки на предмет удаления льда и инея, протирать коллекторы спиртом и проверять ход щеток в щеткодержателе.

В холодную погоду работа аккумулятора ухудшается. Снижение температуры электролита на 1°С приводит к уменьшению емкости батареи на 1-2%, а при температуре 30°С батарея практически не принимает заряд. В то же время зимой увеличивается время включения и ток, потребляемый электростартером, что ускоряет разряд батареи. В процессе разряда в порах пластин образуется вода, плотность электролита уменьшается, а температура замерзания повышается примерно до -10°. Застывание электролита приводит к ухудшению состояния батареи, уменьшению активной массы пластин и разрыву батареи. Зимой аккумуляторные батареи могут быть разряжены менее чем на 25% от номинальной емкости. Для нормальной работы аккумулятора его необходимо утеплить или обогреть. Кроме того, зимой концентрация электролита выше.

Повышенная жесткость грунтовых дорог в зимний период в сочетании с низкими температурами приводит к повреждению ходовой части автомобиля и увеличивает нагрузку на узлы подвески.

При работе в глубоких карьерах на севере увеличивается расход топлива, а автомобили выбрасывают больше токсичных газов, так как из-за низких температур они сгорают не полностью. Отсутствие ветра и мороза в таких карьерах приводит к образованию плотных газовых облаков. В связи с этим для работы в глубоких северных карьерах рекомендуется использовать автосамосвалы, оснащенные оборудованием для нейтрализации выхлопных газов.

Суровые климатические условия влияют не только на надежность и работоспособность техники, но и на производительность труда машинистов экскаваторов и бульдозеров, водителей автосамосвалов и ремонтных рабочих. Чтобы частично нейтрализовать негативное влияние сурового климата, необходимо рационально планировать режим труда и отдыха водителей и модернизировать автосамосвальную технику, не приспособленную для работы в северных условиях.

Из-за большого количества осадков и частых туманов трудно контролировать движение автосамосвалов по карьерным дорогам с помощью световых указателей (табло). Поэтому

целесообразно оборудовать самосвалы и экскаваторы радиосвязью, чтобы диспетчеры карьера могли давать указания водителям и машинистам, а при необходимости запрашивать экстренную техническую помощь. Наиболее эффективными в северных условиях являются автоматизированные системы управления работами при комбинированном управлении экскаватором и автомобилем.

Эффективность работы карьерного транспорта в северных условиях в значительной степени зависит от состояния автомобильной дороги. Дорога характеризуется многочисленными съездами, большими уклонами и поворотами, составляющими 30-35% ее протяженности. Это осложняет условия движения самосвалов, особенно в условиях гололеда и плохой видимости. Максимально допустимый уклон для безопасной работы самосвалов на северных дорогах составляет 7-8%. Особенно важно своевременно очищать дороги от снега, вывозить его к краю карьера и направлять в специальные самосвалы. После весеннего таяния снега дорожное покрытие быстро разрушается.

В таких местах необходимо расширять проезжую часть, чтобы самосвалы могли безопасно проезжать повороты с малыми радиусами.

Видимость на дороге должна обеспечиваться специальным освещением, например, противотуманными фарами на самосвалах. Дороги со светоотражающими покрытиями должны быть снабжены специальной разметкой (проблесковые сигнальные фонари, проблесковые световые буи) и дорожной разметкой, хорошо видимой в плохую погоду, так как в метель или пургу водителям трудно судить о расположении дороги и края стеллажа [1].

**Прогрев машины.** Для облегчения прогрева двигателя необходимо установить кожухи, ограничивающие прохождение воздуха через радиатор. В экстремальных условиях следует накрыть моторный отсек брезентом или войлоком. Прогрев моторного отсека с помощью тепловой пушки облегчает запуск двигателя. Впрыск эфира для облегчения запуска двигателя допускается только при запуске коленчатого вала. Частое использование эфира при запуске значительно сокращает срок службы двигателя. После прогрева двигателя должны прогреться и другие системы.

Системы охлаждения и смазки двигателя сохраняют тепло в течение значительного времени после остановки двигателя. Это означает, что двигатель можно легко запустить через несколько часов после его остановки. Коробка передач и гидравлическая система охлаждаются быстрее за счет большей площади поверхности теплообмена. Особенно быстро остывает коробка передач, поскольку ее рабочая температура ниже, чем у других деталей машины.

**Длительная стоянка машины.** При стоянке машину необходимо ставить на деревянный настил. Доски предотвращают примерзание машины к земле.

Гусеничная лента и рама опорных катков должны быть полностью очищены от снега, грязи и посторонних предметов.

Перед длительной стоянкой машины топливный бак заполняется до верха, чтобы предотвратить образование конденсата в баке.

**Подкачка шин.** Для накачки шин используется сухой азотный газ. Накачку шин следует производить в отапливаемом помещении.

При охлаждении газ "сжимается". Чтобы учесть изменение давления в шинах при изменении температуры, в теплом помещении шины накачиваются немного больше, чтобы в холодную погоду давление в шинах оставалось в пределах нормы.

Паркуйте автомобиль при низкой температуре так, чтобы поверхность шины, соприкасающаяся с землей, была ровной. Иногда для восстановления формы шины необходимо аккуратно сдвинуть машину с места [2].

В условиях низких температур вероятность отказа топливной системы дизеля очень высока. Это связано с накоплением мелких кристаллов льда при замерзании влаги в дизельном топливе. Парафин в топливе образует желеобразную массу, которая может забивать топливные фильтры и топливопроводы, что является еще одной причиной отказа. Для повышения надежности дизельных энергетических установок необходимо использовать систему подогрева топлива. Для этого может использоваться либо тепло отработавших газов, либо специальные теплообменники, использующие тепло охлаждающей жидкости.

Для предотвращения запотевания или обледенения стекол салона во время стоянки и движения, а также при работе системы отопления следует предусматривать электрообогрев стеклопакетов или стекол с пленкой. Конструкции с двойным остеклением должны

предусматривать возможность опускания стекол дверей для использования поворотных вентиляционных окон. Конструкция кабины и систем отопления салона должна обеспечивать забор наружного воздуха для предотвращения накопления токсичных веществ [3].

Оборудование должно быть окрашено в яркие цвета, такие как оранжевый, красный или желтый, чтобы обеспечить хорошую видимость.

Повышаются требования к надежности агрегатов, механизмов и систем автомобиля, особенно систем зажигания, электропитания, приборов и освещения. Необходимо предусмотреть дублирующие устройства для работы в случае отказа основного устройства.

Кузова автомобилей должны быть утеплены для обеспечения сохранности груза, свойства которого могут изменяться при низких температурах. Кузова самосвалов также должны быть оборудованы устройствами обогрева, чтобы предотвратить замерзание перевозимого сыпучего груза.

Не все грузозахватные приспособления подходят для работы в условиях низких температур. Например, цепные тали не допускается использовать при температуре ниже  $-15^{\circ}\text{C}$ .

**Заключение.** Эксплуатация транспортного оборудования в условиях крайнего севера имеет свои особенности, связанные с экстремальными погодными условиями, низкими температурами и обилием снега и льда.

1. Низкие температуры: Одной из основных особенностей работы перегрузочных установок являются низкие температуры, которые могут достигать  $-50^{\circ}\text{C}$ . Это может негативно сказаться на работе оборудования и его производительности, поэтому необходимо уделять особое внимание подготовке к работе в таких условиях.

2 Обилие снега и льда: крайний север известен обильными снегопадами и обледенением почвы. Это может создать проблемы для перегрузочного оборудования, поскольку снег и лед могут затруднить перемещение и работу перегрузочного оборудования. Для более эффективной работы необходимо учитывать эти условия и оснащать машины специальными шинами и пандусами для работы в условиях снега и льда.

3. Короткое лето и долгая зима: Для крайнего севера характерно короткое лето и длинная зима. Поэтому эксплуатация и обслуживание перегрузочного оборудования должны планироваться таким образом, чтобы максимально использовать летние месяцы для обслуживания, ремонта и модернизации оборудования.

4. Проблемы с поставками топлива: в условиях крайнего севера, особенно в отдаленных районах, могут возникнуть трудности с обеспечением топливом. Необходимо обеспечить достаточный запас топлива и предусмотреть защиту от низких температур и замерзания.

5. Усиление защиты от коррозии: соленая морская вода и химикаты, используемые для очистки дорог ото льда, делают оборудование подверженным коррозии. Для предотвращения повреждений и продления срока службы оборудования необходимо усилить защиту от коррозии, включая регулярную очистку и обработку ингибиторами коррозии.

6. Особые требования к персоналу: Эксплуатация перегрузочного оборудования требует умения работать в экстремальных погодных условиях, знания специальных мер безопасности и умения предотвращать проблемы, связанные с низкими температурами и снегом. Также важно уметь обслуживать и ремонтировать оборудование в суровом климате.

В целом эксплуатация перегрузочного оборудования в условиях крайнего севера требует особых подходов и адаптации для обеспечения безопасности, и эффективности работы оборудования в экстремальных погодных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матери, И. В. Особенности эксплуатации специальной техники в условиях крайнего севера [Текст] / И. В. Матери // Наука и военная безопасность. – 2021. – № 79-83. – С. 79-83.
2. Эксплуатация тяжелой техники при низких температурах. Опыт эксплуатации техники Caterpillar в жесточайших условиях Крайнего Севера / [Электронный ресурс] // Основные средства: [сайт]. – URL: <https://os1.ru/article/4346-opyt-ekspluatatsii-tehniki-caterpillar-v-jestochayshih-usloviyah-kraynego-severa-ekspluatatsiya-tyajeloy-tehniki-pri-nizkih-temperaturah> (дата обращения: 01.08.2023).
3. Техническая эксплуатация автомобилей в особых условиях / [Электронный ресурс] // Современные Технологии Производства: [сайт]. – URL: <https://extxe.com/17135/tehnikeskaja-jekspluatacija-avtomobilej-v-osobyh-usloviyah/> (дата обращения: 01.08.2023).

REFERENCES

1. Mothery, I. V. Features of the operation of special equipment in the conditions of the Far North [Text] / I. V. Mothery // Science and military security. – 2021. – No. 79-83. – Pp. 79-83.
2. Operation of heavy machinery at low temperatures. The experience of operating Caterpillar machinery in the harshest conditions of the Far North / [Electronic resource] // Fixed assets: [website]. – URL: <https://os1.ru/article/4346-opyt-ekspluatatsii-tehniki-caterpillar-v-jestochayshih-usloviyah-kraynego-severa-ekspluatatsiya-tyajeloy-tehniki-pri-nizkih-temperaturah> (accessed: 01.08.2023).
3. Technical operation of cars in special conditions / [Electronic resource] // Modern Production Technologies: [website]. – URL: <https://extxe.com/17135/tehnikeskaja-jekspluatacija-avtomobilej-v-osobyh-usloviyah/> (date of issue: 01.08.2023).

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Эксплуатация перегрузочной техники, крайний север, суровые погодные условия, промерзший грунт, прогрев техники, стоянка и хранение техники.  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Щербакова Ольга Валерьевна, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Балькин Михаил Васильевич, студент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Юрьев Владислав Андреевич, студент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Самородов Роман Константинович, студент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

---

## **МУЛЬТИМОДАЛЬНОСТЬ КАК ВЕКТОР РАЗВИТИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**С.Н. Масленников**

### **MULTIMODALITY AS A VECTOR OF WATER TRANSPORT DEVELOPMENT**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**S.N. Maslennikov** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof., Head of the Department "Fleet Operation Management" of SSUWT)

**ABSTRACT:** As a result of the study of generalized operational and commercial properties of modes of transport, factors determining the competitiveness of individual modes of transport have been identified. A list of disadvantages inherent in the organization of multimodal transportation has been developed. An assessment of these obstacles to water transport is given.

**Keywords:** Water transport, multimodal transportation, vector of transport development.

В результате исследования обобщенных эксплуатационных и коммерческих свойств видов транспорта выявлены факторы, определяющие конкурентоспособность отдельных видов транспорта. Разработан перечень недостатков присущих при организации мультимодальных перевозок. Дана оценка этих препятствий для водного транспорта.

Благодаря таким физическим свойствам судна, как плавучесть и относительно небольшое трение при движении по сравнению с другими видами транспорта водный транспорт является наиболее эффективным способом перемещения большого количества грузов на дальние расстояния. Водные пути состоят из океанов, морей, озер, рек и каналов. Однако из-за расположения хозяйственной деятельности человека на суше непосредственный доступ водных транспортных средств к объектам получателей грузов как правило невозможен. Таким образом, физические преимущества водного транспорта ограничиваются географией морских и речных путей [1]. Строительство каналов, шлюзов и дноуглубительные работы призваны облегчить продвижение грузов потребителю за счет низких текущих издержек, но осуществление этих работ наряду с терминальной инфраструктурой требуют значительных затрат. История создания комплексных систем внутренних водных путей в Западной Европе, единой глубоководной системы в европейской части России, системы Святого Лаврентия на Великих озера, Миссисипи и ее притоки, Амазонку, улучшение состояния речных путей во внутренних районах Китая насчитывает не одну сотню лет. Вообще редко возможно использовать один вид грузового транспорта для всего пути доставки груза, однако водный транспорт всегда, за исключением редких случаев, является промежуточным звеном в материальном потоке груза от поставщика до потребителя. Таким образом, продвижение водного транспорта должно двигаться в направлении мультимодальности, включения водного транспорта в цепь поставок [2].

Каждый вид транспорта имеет ключевые эксплуатационные и коммерческие преимущества и свойства. Однако есть три основных фактора, которые требуют, чтобы различные виды транспорта дополняли друг друга (рисунок 1).

**Географические факторы.** Преодоление границ океанов, ландшафтных и климатических особенностей границ объективно требует смены вида транспорта.

**Транспортные факторы.** Каждый из видов транспорта имеет свой транспортный путь и, во-вторых, может ориентирован на определенный груз. Даже если обслуживается один регион, его пункты чаще всего не одинаково доступны для двух транспорта. Кроме этого,

доступность транспортных инфраструктур и сетей сильно варьируется в зависимости от развитости инфраструктуры транспортных коридоров.



Рисунок 1 – Факторы конкурентоспособности между видами транспорта

*Факторы качества транспортных услуг.* Надежность, срочность, информированность о движении груза.

Такое описание сущности конкуренции между видами транспорта представляется необходимым, поскольку идеальная модель конкуренции между видами транспорта исходит из постулата, что безальтернативного вида транспорта не существует. Действительно, при определенных условиях потребитель транспортных услуг может рассматривать в качестве конкурирующих даже воздушный и морской транспорт.

Таким образом, конкуренция между видами транспорта определяется близкими параметрами в сфере географии, транспорта и уровня обслуживания. Стоимость является одним из наиболее важных соображений при выборе способа доставки. Кроме этого, каждый вид транспорта имеет свою пропускную способность. Объективной характеристикой конкурентоспособности вида транспорта является характер изменения себестоимости перевозок в зависимости от объема перевозок, постоянных затрат и удельных переменных затрат, что определяет рациональные размеры партии груза и дальности перевозок. Так морской транспорт может предложить самые низкие переменные издержки, автомобильный транспорт, как правило, наиболее конкурентоспособен при перевозках на короткие расстояния и при перевозке небольших партий товаров. Важнейшим фактором является структура терминальных затрат для каждого вида транспорта, где затраты (и задержки) на погрузку и разгрузку единицы товара налагают фиксированные затраты, которые не зависят от пройденного расстояния [3].

Обычно считается, что равенство между видами транспорта (или модальная нейтральность) является частью государственной политики, где каждый вид транспорта будет конкурировать на основе присущих ему характеристик и достоинств. Поскольку разные виды транспорта находятся под разными юрисдикциями и механизмами финансирования, равенство видов транспорта концептуально трудно реализуемо, поскольку одни виды транспорта всегда будут более выгодными, чем другие. Зачастую операторы каждого вида транспорта считают в условиях несправедливой государственную политику, особенно в вопросах финансирования инфраструктуры и государственного регулирования [4].

В целях продвижения мультимодальных перевозок целесообразно классифицировать препятствия, которые возникают на этом пути.

Каковы недостатки мультимодальных перевозок?

1. Скорость.

Поскольку мультимодальные перевозки предполагают перемещение товаров между различными видами транспорта, это часто может занять больше времени, чем если бы товары перевозились с использованием только одного вида транспорта. Это связано с тем, что каждый раз, когда товары перемещаются между видами транспорта, необходима перегрузка, согласование взаимодействия, а также существует риск задержек из-за погодных условий, пробок или других проблем.

Кроме того, для мультимодальных перевозок часто требуется специальное оборудование, удовлетворяющее требованиям двух видов транспорта.

2. Отсутствие надежности между поставщиками мультимодальных услуг.

Чтобы мультимодальные перевозки были успешными, между различными поставщиками услуг должен быть высокий уровень надежности. Поставщики услуг могут быть не в состоянии обеспечить обещанный уровень обслуживания или у них может не быть необходимого оборудования, когда оно необходимо. В результате мультимодальные перевозки могут быть менее надежными, чем другие способы транспортировки, что может привести к задержкам и дополнительным расходам.

3. Высокие затраты на инфраструктуру.

Более высокие затраты на инфраструктуру часто приводят к более высоким тарифам на услуги для компаний, использующих мультимодальные перевозки. Это особенно актуально, когда для перемещения контейнеров с полной загрузкой требуется использование кранов или другого тяжелого оборудования.

Контейнерные перевозки снизили затраты и упростили грузоотправителям транспортировку своей продукции за счет стандартизации того, как они упакованы, но требуют, чтобы они обрабатывались кранами большого размера, которых может не быть за пределами крупных портовых городов.

4. Сложность мультимодальной операции.

Мультимодальные перевозки представляют собой сложную систему с множеством технологических, организационных и правовых особенностей, и без надлежащих подходов к проектированию процессов доставка может превратиться в беспорядочный процесс.

5. Частота доставки и своевременность мультимодальных перевозок.

Мультимодальные перевозчики, как правило, реже, чем другие типы грузовых перевозчиков, таких как наземные и воздушные. Это может вызвать проблемы с транспортировкой, если требования клиента по срокам доставки не соответствуют ограничениям мультимодальных перевозок.

6. Перевозка опасных грузов.

Некоторые грузы требуют особых условий к транспортировке и перегрузке.

7. Сохранность грузов в процессе мультимодальной перевозки.

В большинстве случаев повреждений можно избежать, если правильно выполнять погрузку и погрузку-разгрузку.

8. Перевозка тяжеловесных и крупногабаритных грузов.

Технические характеристики автомобильного и железнодорожного транспорта могут являться препятствием для транспортировки и перегрузки тяжеловесных и крупногабаритных грузов.

9. Задержки в пути из-за случайных факторов (метеорология, пробки и другие).

Поскольку пропускная способность инфраструктуры ограничена, сбои в транспортном потоке могут привести к задержкам и проблемам при реализации запланированного маршрута.

10. Ограниченные возможности для небольших партий.

Для мелких или сборных партий возможности работы с поставщиком мультимодальных услуг могут быть ограничены. Чем меньше груз, тем меньше вероятность того, что у поставщика мультимодальных услуг будет кандидат на его перевозку. Это может потребовать нескольких остановок, что делает время доставки более длительным.

11. Перегруженность портов.

Перегруженность портов является серьезной проблемой для грузовых перевозок и международной торговли. Контейнеровозы, ожидающие входа в порт, недостаток персонала, угрозы забастовок водителей были достаточно распространены в транспортной отрасли в период глобальной пандемии.

12. Доверие к качеству услуг.

Проблемой для клиентов мультимодальных перевозок было осторожное восприятие к стандартам доставки мультимодальных перевозок даже при условии экономии средств.

Рассмотрение приведенных выше недостатков мультимодальных перевозок приводит к выводам, что эти проблемы могут быть проще решены в сочетании с водным транспортом. Некоторые недостатки просто не присущи водному транспорту, например перевозка крупнотоннажных и тяжеловесных грузов. Само укрупнение поставок, комплектуемых для перевозки водным транспортом, упрощает организацию взаимодействия между видами транспорта.

Технологическим решением продвижения мультимодальных перевозок является внедрение интермодальных технологий. ГОСТ Р 57118-2016 определяет интермодальную перевозку

как «транспортно-технологическую систему организации перевозок с использованием нескольких видов транспорта, при которой за перевозку интермодальной грузовой единицы несет ответственностью одно лицо (экспедитор), по единому комплекту документов и ставке тарифа, согласованной с перевозчиками, с освобождением грузоотправителя от участия в перевозочном процессе». Водный транспорт лучше других видов транспорта приспособлен к перевозке крупнотоннажных контейнеров, различных укрупненных грузовых единиц, трейлеров и фургонов [5].

Порты по своему технологическому наполнению приспособлены к корректировке своего функционала с расширением до набора функций логистического центра, которые можно реализовать при условии внедрения инновационных вариантов транспортировки, эффективному использованию мощностей и предоставления комплекса логистических услуг.

Помимо низких транспортных расходов, топливной экономичности и положительного воздействия на окружающую среду, которые присущи мультимодальным перевозкам с участием водного транспорта, при стратегическом планировании и при реализации крупномасштабных проектов также являются огромным плюсом. Что также присуще водному транспорту, ориентированному на перевозку массовых грузов [6].

Следует заметить, что история управления судоходством развивалась по пути специализации и отделения функции управления. При этом контроль мультимодальной перевозки осуществляет один оператор и этот оператор первоначально занимался судоходством. Это также повышает роль водного транспорта в развитии интегрированные транспортные системы, которые требуют гибкости в соответствующем использовании каждого вида транспорта.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Синицын М.Г. Методика обоснования системы завоза грузов на малые реки // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2018. № 54. С. 142-149.
2. Синицын М.Г. Методика работы каравана судов на реках со сложными участками / Речной транспорт (XXI век). 2018. № 3 (87). С. 51-53.
3. Масленников С.Н., Синицын М.Г., Синицын Г.Я. Особенности применения логистических принципов на малых реках арктической зоны России // Речной транспорт (XXI век). 2020. № 4 (96). С. 50-53.
4. Масленников С.Н., Синицын М.Г. Модульный принцип проектирования транспортных систем доставки грузов по рекам Сибири // Речной транспорт (XXI век). 2021. № 4 (100). С. 49-52.
5. Масленников С.Н., Синицын М.Г. О показателях оценки деятельности транспортно-логистической системы с участием водного транспорта // Транспортное дело России. 2022. № 3. С. 130-135.
6. Масленников С.Н., Синицын М.Г. О роли речного транспорта в системе «северного завоза» Речной транспорт (XXI век). 2022. № 3 (103). С. 31-34.

#### REFERENCES

1. Sinitsyn M.G. Methodology for substantiating the system of cargo delivery to small rivers // Bulletin of the Volga State Academy of Water Transport. 2018. No. 54. pp. 142-149.
2. Sinitsyn M.G. Methods of work of a caravan of ships on rivers with difficult sections / River transport (XXI century). 2018. No. 3 (87). pp. 51-53.
3. Maslennikov S.N., Sinitsyn M.G., Sinitsyn G.Ya. Features of the application of logistics principles on small rivers of the Arctic zone of Russia // River transport (XXI century). 2020. No. 4 (96). pp. 50-53.
4. Maslennikov S.N., Sinitsyn M.G. Modular principle of designing transport systems for cargo delivery along the rivers of Siberia // River transport (XXI century). 2021. No. 4 (100). pp. 49-52.
5. Maslennikov S.N., Sinitsyn M.G. On indicators for assessing the activities of the transport and logistics system with the participation of water transport // Transport business of Russia. 2022. No. 3. pp. 130-135.
6. Maslennikov S.N., Sinitsyn M.G. On the role of river transport in the system of "northern delivery" River transport (XXI century). 2022. No. 3 (103). pp. 31-34.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*Водный транспорт, мультимодальные перевозки, вектор развития транспорта  
Масленников Сергей Николаевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий  
кафедрой «Управление работой флота» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ И КЛАССИФИКАЦИЯ ФАКТОРОВ ВЛИЯНИЯ НА ВОДУ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

В.В. Саликов

### DREDGING OPERATIONS AND IMPACT'S ON WATER STATE CLASSIFICATION

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

V.V. Salikov (Postgraduate student of SSUWT)

**ABSTRACT:** This article is about dredging operations. It classifies dredging operations types, negative impacts on ecosystem during dredging. Describes methods to rate dredging's impact on ecosystem. This project shows that dredging process isn't worked out and carries problems and inaccuracies which postulate a high degree of relevance.

**Keywords:** Dredging, dredger, soil, zoobenthos.

В данной работе авторами рассматривается вопрос, связанный с процессом дноуглубительных работ для водоемов и водных путей. Проводится квалификация дноуглубительных работ. Приводится классификация положительных и отрицательных факторов воздействия на экосистему в процессе дноуглубления. Описываются методы и подходы оценки влияния дноуглубления на экосистему. Авторами установлено, что реализация дноуглубления является недостаточно проработанной и несёт в себе проблемы сложности и неточности методов оценки влияния работ на водную экосистему, в связи с этим, данный вопрос является актуальным.

С целью обеспечения транспортной безопасности на внутренних водных путях проводят целый комплекс путевых работ, в том числе и дноуглубительных. Выполнение дноуглубительных работ производится и на несудоходных реках. Все водные объекты склоны к загрязнению и обмелению: размываются берега и увеличиваются объемы донных отложений. Если же оставлять бесконтрольными такие процессы, то они сведут к нулю всю выгоду этого водного объекта и сделают его малоподходящим для использования или уничтожат вовсе. Чтобы это предотвратить, проводят дноуглубление. [1]. Помимо вышеперечисленного такие работы проводятся при строительстве мостов и гидротехнических сооружений, а также прокладке трубопроводов [2].

Как бы не были хороши и нужны дноуглубительные работы, они оказывают большое влияние на экосистемы водоемов [3].

Ниже проанализируем экологическое воздействие дноуглубления на речные экосистемы и рассмотрим классификации всевозможных факторов влияния.

1. По степени наносимого вреда или приносимой пользы биоте.
2. По размерам участка влияния.
3. По временной продолжительности.

Рассмотрим первую классификацию – по направленности воздействия, в данном случае они отрицательные.

1. Гибель малоподвижных гидробионтов на площадях прорезей.
2. Частичная гибель планктона в пятнах мутности.
3. Снижение меженных уровней воды при равнозначных расходах воды вплоть до достижения величин, недопустимых для рыбных угодий.
4. Изменение картины струй течения и нарушению гидроэкологических условий биотопов.
5. Возможное случайное загрязнение воды нефтесодержащими подсланевыми водами, смазкой движущих деталей, хозяйственно-бытовыми водами и мусором.
6. Обмеление традиционных миграционных путей.
7. Дополнительное заиливание нерестилищ и зимовальных ям рыбы.
8. Частичная гибель и нарушение нормального развития малоподвижных планктонных и бентосных гидробионтов, фитобентоса, икры и молоди рыбы на месте отвала грунта в прорези [3].

Дноуглубительные работы могут приводить к положительным изменениям.

## ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

1. Увеличение аэрации потока, что благотворно влияет на ихтиофауну - уменьшает вероятность замора рыбы.
2. Уменьшение степени замутнения воды от воздействия судовых винтов на донные отложения на мелководных участках.
3. Удаление загрязненного грунта и его отвал на берег для обезвреживания и утилизации.
4. Улучшение водообмена между плесовыми лощинами.
5. Снижение вероятности зажорных и заторных явлений.
6. Уменьшение интенсивности разрушения берегов.
7. Облагораживание природных рекреационных зон путем очистки русла и намыва пляжей.

Также имеются обозначения буквенных индексов. Они представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Расшифровка индексов

Буквенное обозначение	Расшифровка
P	Факторы позитивные, благоприятные
N	Факторы негативные, отрицательные
L	Локальные факторы
R	Региональные факторы
G	Глобальные факторы
A	Кратковременные факторы
B	Факторы, действующие на протяжении навигационного периода (до 1 года);
C	Факторы, оказывающие воздействие на протяжении нескольких лет.

Для более точного перехода к количественной оценке изменения гидроэкологических аспектов, рядом ученых перечень факторов был систематизирован и каждому из них был присвоен свой индекс. В таблице 2 приведен небольшой перечень некоторых факторов и их индексы.

Любая река, использующая в хозяйственной деятельности человеком, несет на себе экологические нагрузки, в том числе и из-за проведения на ней дноуглубительных работ. По данной тематике было проведено большое количество комплексных исследований. [4]

Таблица 2 – Индексы негативных и позитивных факторов

Но мер	Фактор	Отрицательный или положительный	Протяженность	Время воздействия	Коэффициент воздействия
1	Возникновение пятен мутности	N	L	A	0,5
2	Осаждение частиц грунта из пятен мутности	N	L	A	0,7
20	Созданы изменений рельефа дна	P	L,R	C	2,0
21	Улучшение водообмена между плесовыми лощинами	P	R,G	C	1,2

На сегодняшний день для оценки влияния на водные экосистемы существует два подхода. Первый подход основывается на том, что степень воздействия прямо пропорциональна скорости искусственных изменений в русле на конкретном участке. Второй же подход предполагает изучение непосредственно биоты, пострадавшей в ходе дноуглубления.

Путевые работы оказывают наибольшее непосредственное влияние на бентос, меньшее – на планктон и существенное, но опосредованное – на рыб. Так как показатель зообентоса очень важный элемент пищевой цепочки речных экосистем, их высокая продуктивность часто принимается как показатель «благополучия». Поэтому снижение зообентоса считается негативным фактором.

Так как количество зообентоса изменчиво, определить строгую количественную зависимость биомассы от какого-то или иного абиотического фактора очень сложно. Решение непосредственно этого вопроса очень важно: оно имеет не только общеэкологическое значение, но и прикладное, так как согласно действующей «Методике исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам» ущерб вычисляется как произведение площади повреждения, различных эмпирических коэффициентов и биомассы кормовых организмов.

Автором были выделены основные проблемы и факторы, возникающие в процессе производства дноуглубительных работ с точки зрения гидроэкологии. На данный момент, подход с использованием пропорционального изменения на конкретном участке реки и подход, учитывающий количество биоты во время дноуглубления — устарели и тяжелы для расчета, это обуславливает необходимость разработки нового подхода и актуальность проведения дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Веницианов Е. В. К вопросу развития системы комплексного мониторинга для охраны водных объектов //Физическая и аналитическая химия природных и техногенных систем, новые технологии и материалы-Ходаковские чтения. – 2019. – С. 29-34.
2. Лоскутов, Е. Н. Техничко-экономическая эффективность совмещения дноуглубительных работ на судовом ходу с добычей нерудных строительных материалов : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.22.17. - Новосибирск, 1999. - 16 с.
3. Москаль, А. В. Математическое моделирование влияния дноуглубительных работ и разработки подводных карьеров на русла судоходных рек : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.22.17. - Санкт-Петербург, 1999. - 24 с.
4. Kjelland M. E. et al. A review of the potential effects of suspended sediment on fishes: potential dredging-related physiological, behavioral, and transgenerational implications //Environment Systems and Decisions. – 2015. – Т. 35. – С. 334-350.

REFERENCES

1. Venitsianov E. V. On the issue of the development of an integrated monitoring system for the protection of water bodies //Physical and analytical chemistry of natural and man-made systems, new technologies and materials-Khodakovsky readings. – 2019. – pp. 29-34.
2. Loskutov, E. N. Technical and economic efficiency of combining dredging operations on the ship's course with the extraction of non-metallic building materials : abstract of the dissertation of the Candidate of Technical Sciences : 05.22.17. - Novosibirsk, 1999. - 16 p.
3. Moskal, A.V. Mathematical modeling of the impact of dredging and the development of underwater quarries on the beds of navigable rivers : abstract of the dissertation of the Candidate of Technical Sciences : 05.22.17. - St. Petersburg, 1999. - 24 p.
4. Kjelland M. E. et al. A review of the potential effects of suspended sediment on fishes: potential dredging-related physiological, behavioral, and transgenerational implications //Environment Systems and Decisions. – 2015. – Vol. 35. – pp. 334-350.

<b>КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:</b>	<i>Дноуглубительные работы, гидроэкология, экосистема.</i>
<b>СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:</b>	<i>Саликов Виталий Викторович, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»</i>
<b>ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:</b>	<i>630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»</i>

## **ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ГИДРОЭКОЛОГИЮ РЕК ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**В.В. Саликов**

**THE INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC FACTORS ON THE HYDROECOLOGY OF RIVERS**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**V.V. Salikov** (Postgraduate student of SSUWT)

**ABSTRACT:** This article describes problems such as contamination and depletion of aquatic resources due to a raising anthropogenic impact on Earth's hydrosphere. This article covers the main sources of pollution and it's classification. Because of population growth it is imperative to diagnose and classify current state of contamination; develop a method to prevent water pollution.

**Keywords:** Contamination, pollution, source, water resources.

В работе освещается вопрос загрязнения и истощения мировых вод в свете постоянно растущего антропогенного воздействия на гидросферу. Рассматриваются основные источники загрязнения и приводится их классификация. Из-за растущего населения становится важным уделять больше внимания диагностике, классификации и разработке методов, направленных на предотвращение загрязнения мировых вод.

Использование водных ресурсов человеком закономерно и понятно, без воды человечество не смогло бы существовать. Практически во все сферах народного хозяйства

использование водных ресурсов является неотъемлемой частью работы и существования (рисунок 1). Рассмотрим некоторые примеры воздействия загрязняющих факторов на водные ресурсы. Например, на предприятиях нефтедобывающих комплексов, в результате аварий, при попадании нефтепродуктов на поверхность воды, они образуют тонкую пленку, которая нарушает ход естественных процессов в водной среде. Ещё больший урон будет нанесен окружающей среде, в случае воспламенения пленки на поверхности воды. Современные технологии нефтедобычи, транспортировки, переработки и потребления не позволяют обеспечить безопасное использование жидких углеводородов, в связи с этим, загрязнение водной среды может произойти на любом из этапов. Ярким примером может служить авария на нефтеплатформе в Мексиканском заливе (США), в результате которой, почти 800 миллионов литров нефти оказалось на водной поверхности [1]. Также, аварийные разливы на поверхности вод могут произойти в результате аварии транспортного средства. Например, в результате аварии нефтетанкера вблизи Аляски (США) в 1989 году, объем нефтяной утечки составил 40 миллионов литров [2].



Рисунок 1 – Наикрупнейшие антропогенные источники загрязнения водных ресурсов [3]

Однако, согласно [4], наибольшее негативное воздействие на водные ресурсы, как поверхностные, так и грунтовые, оказывают пестициды, применяемые в сельском хозяйстве.

В сфере промышленности, заводы и фабрики используют воду для обеспечения необходимых потребностей предприятия, например: охлаждение реакторов, производство электроэнергии и очистка отходов. Близость к воде - является основополагающим фактором в выборе месторасположения предприятия. Запущенный в 1966 году Целлюлозно-бумажный комбинат, работавший на берегу озера Байкал, за почти 50-ти летний период работы выпустил в охраняемый водный объект десятки миллионов тонн отходов и стал крупнейшим источником загрязнения озера [5].

Деятельность человека загрязняет водоемы не только канализационными отходами, но и обычными отходами. Этот тип загрязнения обычно встречается в городах и общественных местах отдыха. Промышленность часто требует нагрева воды. При нагревании воды нарушается природная среда. В энергетическом и промышленном секторах вода используется для охлаждения. По этой причине вокруг объектов строятся отводные каналы, в которые стекают нагретые сточные воды. Температура в отводных каналах электростанций круглый год положительная и предотвращает замерзание [6].

Истощение водных ресурсов – это уменьшение запасов воды (подземных и поверхностных) на территории, что негативно влияет на экосистему и связи в системах «человек-биосфера». Интенсивное использование подземных вод ведет к изменению соотношения между поверхностными и подземными водами, снижает речной сток и приводит к остановке деятельности родников, ручьев и речушек. Это вызывает опустошение пойм и гибель растительности. Нарушение целостности биосферы проявляется в истощении поверхностных вод. Неравномерное распределение стока поверхностных вод по территории России приводит к тому, что малые реки находятся под особым риском. Они оказываются на переднем фронте антропогенного воздействия, что приводит к исчезновению и загрязнению водных ресурсов.

Недопустимо забирать большое количество воды из рек, впадающих в водоемы, для хозяйственных целей без соответствующей проектной документации. В 21 веке законодательство Российской Федерации предусматривает законное использование и вмешательство в водные ресурсы. Однако произошла одна из самых страшных экологических катастроф прошлого века – «опустынивание Аральского моря». В некогда богатом Аральском море с 1960-х годов произошло катастрофическое падение уровня воды из-за массового забора воды из рек Амударья и Сырдарья, которые обогащали Аральское море, что привело к тому, что

сейчас сухое морское дно стало основным источником для пыли и соли. Некогда плодородные земли опустынились, и из тугайных лесов и тростниковых зарослей, превратились в бесплодный солончак.

Отсутствие соответствующих мер предосторожности может вызвать серьезные экологические изменения, которые не всегда обратимы. Нарушение закона целостности биосферы является крайне опасным риском, который может привести к катастрофическим последствиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Егорова И. В., Петренко Н. В. Глобальные экологические проблемы. – 2020. - 18 с.
2. Колосов, К. А. Гидролого-морфометрический анализ и деформации русла Верхней Оби в условиях антропогенной нагрузки : автореферат дис. ... кандидата географ. наук : 11.00.07 / МГУ им. М. В. Ломоносова. - Москва, 1994. - 32 с.
3. Cohen J. E. How many people can the earth support? //The Sciences. – 1995. – Т. 35. – №. 6. – С. 18-23.
4. Селезнева А. В. Антропогенная нагрузка на реки от точечных источников загрязнения //Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2003. – Т. 5. – №. 2. – С. 268-277.
5. Ефимов В. И., Рыбак Л. В. Производство и окружающая среда. – 2012.
6. Пугач С. Л., Спектор С. В. Прогнозные ресурсы, запасы, добыча и качество подземных вод по федеральным округам и основным речным бассейнам России //Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2010. – №. 1. – С. 8-11.

REFERENCES

1. Egorova I. V., Petrenko N. V. Global environmental problems. – 2020. - 18 p.
2. Kolosov, K. A. Hydrological and morphometric analysis and deformation of the Upper Ob riverbed under anthropogenic load : abstract of the dissertation of the Candidate of Geographic Sciences : 11.00.07 / Lomonosov Moscow State University. - Moscow, 1994. - 32 p.
3. Cohen J. E. How many people can the earth support? //The Sciences. – 1995. – Vol. 35. – No. 6. – pp. 18-23.
4. Selezneva A.V. Anthropogenic load on rivers from point sources of pollution //Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. – 2003. – Vol. 5. – No. 2. – pp. 268-277.
5. Efimov V. I., Rybak L. V. Production and environment. – 2012.
6. Pugach S. L., Spector S. V. Forecast resources, reserves, production and quality of groundwater by federal districts and main river basins of Russia //Use and protection of natural resources in Russia. – 2010. – No. 1. – pp. 8-11.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*Загрязнение, истощение вод, водные ресурсы.*

*Саликов Виталий Викторович, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ И КАЧЕСТВА ВОДЫ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**В.В. Саликов**

**CRITERIA FOR ASSESSING CHANGES IN WATER LEVEL AND QUALITY**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**V.V. Salikov** (Postgraduate student of SSUWT)

**ABSTRACT:** This article contains current water state and level downgrade evaluation measures. Authors examined basic measures of water level alteration developed by domestic authors. Basic measures includes: by resources, hydrochemicals, hydrobiological. Recognized measures which uses water level alteration or balance dynamics are outdated which postulate a high degree of relevance.

**Keywords:** Pollution, biotests, water resources.

В данной работе авторами рассматриваются существующие критерии по оценки понижения уровня воды природных объектов. В работе рассматриваются основные критерии, разработанные отечественными авторами для оценки изменяя уровня водных объектов. Среди основных подходов является: ресурсный, гидрохимический, гидробиологический. Общепризнанные критерии оценки, использующие для оценки изменения уровня воды или оценки динамики этого баланса являются устаревшими, что обуславливает высокую степень актуальности данного исследования.

Критерии для оценки воды - совокупность правил и диапазонов, описывающих изменчивость воды в определенных количестве и объеме. основоположником гидрологии науки в России стал В.Г. Глушков. Который ввел и систематизировал базовые критерии оценки водных объектов. Важнейшим процессом, который необходим для предотвращения техногенной катастрофы это оценка, динамика или изменения воды, на данный момент существует большое количество факторов, оказывающих негативное влияние на это изменение. В связи

ухудшающийся экологической обстановкой и урбанизацией, ужесточается характер последствий, тем самым обуславливается создание новой системой критериев.

В последние годы при оценке качества поверхностных вод, помимо традиционных химических и физико-химических методов, широко используются биологические индикаторы. [1] Функциональное состояние тестируемых организмов (ракообразные: *Daphnia magna*, водоросли: *Chlorella*, рыбы: гуппи) позволяет ранжировать состояние воды по классу (обычно риск, кризис или катастрофа), по сути, давая комплексную оценку ее качества и возможности использования воды для питьевого водоснабжения и других целей, связанных с биосферой [2].

Ограничивающими факторами в использовании методов биотестирования являются длительный период анализа (не менее четырех дней) и отсутствие информации о химическом составе воды. Примеры использования биотестов для определения качества воды приведены в таблице 1 [3]:

- для дафний – % гибели в течение 96 час. экспозиции в тестируемой воде;
- для хлореллы – % уменьшения числа клеток в тестируемой воде по сравнению с контрольной;
- для гуппи – % гибели в течение 96 час. экспозиции в тестируемой воде.

Таблица 1 – Критерии оценки состояния поверхностных и сточных вод на основе биотестов [4]

Оценочные показатели	Классы состояния поверхностных вод			
	Норма (Н)	Риск (Р)	Кризис (К)	Бедствие (Б)
Ракообразные (дафнии)	Менее 10	20	40	Более 60
Водоросли (хлорелла)	Менее 10	20	40	Более 60
Рыбы (гуппи)	Менее 10	20	40	Более 60

Приведенные в таблице классы состояния поверхностных вод соответствуют:

Н – нормальной степени загрязнения;

Р – малой степени превышения нормы загрязнения;

К – средней степени превышения нормы загрязнения;

Б – катастрофически высокой степени загрязнения.

Критерии оценки запасов не менее важны, чем показатели качества воды. Для поверхностных вод двумя рекомендуемыми критериями оценки ресурсов являются величина изменения поверхностного (речного) стока или режима для данного водосбора и величина единичного забора воды.

В таблице 2 перечислены эти критерии по классам состояния. Данные критерии являются общепризнанными и используются в упомянутых выше нормативных документах, а ранжирование поверхностных вод по классам состояния является традиционным и основано на данных из публикаций известных авторов [5].

Таблица 2 – Ресурсные критерии оценки состояния поверхностных вод

Оценочные показатели	Классы состояния поверхностных вод			
	I – норма (Н)	II – риск (Р)	III – кризис (К)	IV – бедствие (Б)
Изменение речного стока (в % от первоначального)	Менее 15	15-20	50-70	Более 75
Объем возможного единовременного водоотбора (куб. м/с)	Менее 5	1-5	Менее 1	отсутствует

Один из наиболее новых предложенных зарубежными авторами критериев оценки уровня понижения воды применялся на примере озера Урмия, расположенном в Иране, которое

входит в 20 крупнейших озер мира. В исследовании Хассана Эмами и Арасту Зарая, была предпринята попытка изучить различные аспекты озера и смоделировать изменения воды в озере, вызванные многочисленными факторами, такими как соленость, испарение, температура, засуха и многими другими.

Действительно, на колебания уровня воды в любом озере влияют различные факторы, включая температуру, соленость и испарение. Для регулирования водными ресурсами, для всех, кто хочет получить общее представление о водном балансе в данном бассейне, важно понимать эффективные параметры, которые способствуют потере уровня воды в озерах и водохранилищах. Ходжес и др. (2016) использовали данные спектрорадиометра среднего разрешения (MODIS) для изучения пространственной изменчивости испарения с поверхности озера. Они использовали температурный спектрорадиометр MODIS для изучения сезонных колебаний, вызванных испарением воды, и создали метод прогнозирования долгосрочного среднемесячного испарения для нескольких озер на основе дневной скорости испарения из озер. Они обнаружили временные вариации испарения как в годовом, так и в месячном масштабе, а также пространственное изменение испарения по всей поверхности озера. Кроме того, спутниковая оценка температуры поверхности воды может помочь в различных экологических измерениях, таких как прогнозирование испарения из озера и событий осушения озера.

Озеро Урмия, расположенное на северо-западе Ирана, раньше было одним из крупнейших в мире пересоленных озер, но в последние десятилетия площадь его поверхности уменьшается. Это важная экологическая и геотуристическая зона, и Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) объявила ее биосферным заповедником в 1975 году. К сожалению, за последние годы было построено 35 плотин на 21 реке, впадающей в озеро Урмия, содействовать развитию сельского хозяйства в регионе. Тем не менее, из-за уменьшения поверхностных вод и повышения солености озеро в последние годы находится в неустойчивом состоянии. Сельское хозяйство в бассейне озера Урмия в значительной степени зависит от речных оросительных каналов, что привело к падению уровня воды в озере Урмия в последние годы. Эти плотины вызвали повышенный спрос в промышленных и бытовых целях, что привело к длительной засухе в этом районе и уменьшению воды в озере Урмия. Поэтому необходимо постоянно отслеживать изменения уровня воды в озере и оценивать их влияние на экологию региона. С этой целью иранское правительство сформировало ULRP в 2013 году и санкционировало некоторые цели восстановления озера. Среди наиболее важных оперативных планов ULRP были планы по контролю и сокращению количества воды, потребляемой в сельском хозяйстве и промышленности, увеличению объема поступающей в озеро воды с использованием физических и структурных мер, контролю и сокращению объема использования поверхностных и подземных вод в бассейновое озеро, перекачивание воды из бассейна и так далее. Модель изменения воды в озере (модель LWC) предлагается в данном исследовании в качестве синтезирующего подхода к оценке, сохранению и управлению устойчивостью воды в озерах. Предлагаемая модель LWC разделена на две части: оценка спутниковых характеристик воды и пространственно-временное моделирование. На первом этапе изучаются несколько показателей извлечения поверхностных вод, полученных с помощью спутников. Затем предложенный метод используется для оценки всех экологических, климатических и правительственных критериев ULRP в трех различных стратегиях на втором этапе.[5]

Одним из методов оценки изменения состояния и уровня поверхностных вод рассматривает американский автор Гиллер П.С. В его работе разрабатываются методы оценки успешности восстановительных работ на водных системах. Потребность в применении методов восстановления рек для решения множества экологических проблем, возникающих в результате неправильного использования пресноводных систем человеком, однако очень мало согласия в отношении того, что именно представляет собой успешный проект восстановления. Несмотря на огромный интерес и активность в области восстановления рек, а также тот факт, что экологически эффективное восстановление активно ведется уже более трех десятилетий, практических критериев для оценки экологического успеха не существует. Строгих оценок экологических последствий схем восстановления мало и проекты, названные успешными в восстановлении, на самом деле могут быть экологически неуспешными. Это явно проблема, потому что экологическая оценка восстановительных работ необходима по причинам управления и для улучшения нашего понимания того, как работают экосистемы. Чтобы предоставить соответствующие рекомендации по восстановлению пострадавших систем, нам необходимо

знать, как регулирование стока рек влияет на биоразнообразие и функционирование экосистем крупных рек.[6]

Почти все крупные реки в Центральной Европе и США подвержены воздействию дамб и других ограждений русел. Как обсуждалось ранее, это уменьшает сезонные колебания уровня воды и пиковых стоков и, следовательно, нарушает связь между рекой и поймой. Это приводит к значительной утрате и деградации пойм, а также к нарушению различных экологических процессов в самой реке. Река Эльба в Германии тому пример. Изучая градиент от сильно колеблющегося (нерегулируемые естественные поймы) до стабильного (сильно регулируемого) уровня грунтовых вод, исследовал реакцию пойменных пастбищных видов. Плотины и дамбы вызывают засуху на больших высотах, где колебания уровня воды значительно демпфируются, но обратная ситуация наблюдается на низких высотах, таких как понижения поймы, из-за постоянных условий затопления. Данные позволяют четко прогнозировать изменения пойменной растительности в условиях регулирования речной системы. В исследовании сделан вывод о том, что восстановление пойменных лугов не удастся, если не будет улучшена связь между рекой и поймой. Интенсивность фрагментации поймы дамбами и плотинами, определяемая как отношение современной площади поймы ко всей площади поймы, может рассматриваться как возможный индикатор экологического состояния и успешного экологического восстановления речных систем [7].

Исследование искусственно созданного водного режима нижнего Рейна в Нидерландах, проведенное van Geest et al. (2005) описывает, как снижение сезонных колебаний уровня воды и пиковых стоков отрицательно влияет на разнообразие и устойчивость пойменных затопляемых озер. Проблемы возникают из-за эффективной стабилизации уровней речной воды при маловодье, что отрицательно сказывается на видовом составе и сукцессионных процессах. Наводнения из-за поверхностных соединений с основным руслом реки, просачивания и инфильтрации рек влияют на уровень воды и другие характеристики пойменных озер. Авторы исследования обнаружили уменьшение амплитуды колебаний уровня воды с возрастом озера, что отрицательно влияет на сукцессию макрофитов. Они также продемонстрировали, что сильно стабилизированный уровень воды в основном русле и прилегающих пойменных озерах приводит к снижению общего видового богатства растений и утрате характерных речных видов. Изменения уровня воды в меженные периоды стока рек имеют особое значение для естественного функционирования этих систем. Таким образом, для сохранения всего сукцессионного ряда пойменных водоемов необходимо восстановить естественный режим уровня воды. Управление, включая временное восстановление уровня воды в реке, может улучшить экологический статус зарегулированных рек.

Смягчение последствий мер по регулированию рек и успешное восстановление пойменных экосистем сосредоточено на восстановлении динамики речного стока и связи реки с поймой. Это эффективно восстанавливает временную неоднородность условий. Удерживающая способность органического вещества значительно увеличилась на восстановленных участках, но скорость выноса придонного слоя не изменилась, а сообщества детритофагов были одинаковыми в канализированных и восстановленных системах. Однако низкая удерживающая способность и быстрое механическое разрушение придонного слоя во время сильного течения в русловых водотоках привело к быстрому истощению бентосного грубодисперсного органического вещества, ослабив жизненно важные пути гетеротрофной энергии и, вероятно, большую часть биологической продукции в этих системах. Реставрация успешно устранила эти последствия образования каналов и восстановила большую часть экологического функционирования.

Общепринятые критерии оценки, используемые для оценки изменений уровня воды или оценки динамики этого баланса являются устаревшими, самым новым критерий был разработан в 2000 году отечественными авторами гидрологии и был разработан интегральный метод оценки, основанный на гидрохимии и гидробиологических показателях [8], тем временем зарубежные авторы продвинулись в усовершенствовании методов оценки понижения уровня воды с использованием спутникового наблюдения, учета уровня испарения и солёность водного объекта, этот факт обуславливает необходимость разработку, совершенствования и новых критериев и методов оценки и внедрения зарубежных технологий для применения на территории нашей страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Опекунова М. Биоиндикация загрязнений. – Litres, 2022. – 99 с.
2. Щербakov А. В., Щербakova В. Н., Чуvasheva Е. С. Современное состояние водных объектов и их экспертиза на примере орловской области //Актуальные проблемы естественнонаучного образования, защиты окружающей среды и здоровья человека. – 2016. – Т. 2. – №. 2. – С. 430-433.
3. Колосов, К. А. Гидролого-морфометрический анализ и деформации русла Верхней Оби в условиях антропогенной нагрузки : автореферат дис. ... кандидата географ. наук : 11.00.07 / МГУ им. М. В. Ломоносова. - Москва, 1994. - 32 с.
4. Рябышенков А. С., Чудакова М. А., Харламов Н. Р. Оценка воздействия на поверхностные воды //наука, общество, культура: проблемы и перспективы взаимодействия в современном мире. – 2022. – С. 127-133.
5. Emami H., Zarei A. Modelling lake water's surface changes using environmental and remote sensing data: A case study of lake urchin //Remote Sensing Applications: Society and Environment. – 2021. – Т. 23. – С. 100594. Giller P. S. River restoration: seeking ecological standards. Editor's introduction //Journal of applied ecology. – 2005. – Т. 42. – №. 2. – С. 201-207.
6. Ван Геест Г.Дж. и соавт. Сукцессия водной растительности, обусловленная уменьшением колебаний уровня воды в пойменных озерах // Журнал прикладной экологии. – 2005. – Т. 42. – №. 2. – С. 251-260.
7. Лейер И. Прогнозирование реакции видов растений на речное регулирование: роль колебаний уровня воды // Журнал прикладной экологии. – 2005. – Т. 42. – №. 2. – С. 239-250

REFERENCES

1. Opekunova M. Bioindication of pollution. – Litres, 2022. – 99 p.
2. Shcherbakov A.V., Shcherbakova V. N., Chuvashcheva E. S. The current state of water bodies and their expertise on the example of the Orel region //Actual problems of natural science education, environmental protection and human health. – 2016. – Vol. 2. – No. 2. – pp. 430-433.
3. Kolosov, K. A. Hydrological and morphometric analysis and deformation of the Upper Ob riverbed under anthropogenic load : abstract of the dissertation of the Candidate of Geographic Sciences : 11.00.07 / Lomonosov Moscow State University. - Moscow, 1994. - 32 p.
4. Ryabyshenkov A. S., Chudakova M. A., Kharlamov N. R. Assessment of impact on surface waters //science, society, culture: problems and prospects of interaction in the modern world. – 2022. – pp. 127-133.
5. Emami H., Zarei A. Modeling lake water's surface changes using environmental and remote sensing data: A case study of lake urchin //Remote Sensing Applications: Society and Environment. – 2021. – Vol. 23. – p. 100594. Giller P. S. River restoration: seeking ecological standards. Editor's introduction //Journal of applied ecology. - 2005. – Vol. 42. – No. 2. – pp. 201-207.
6. Van Geest G.J. et al. Succession of aquatic vegetation caused by a decrease in water level fluctuations in floodplain lakes // Journal of Applied Ecology. - 2005. – Vol. 42. – No. 2. – pp. 251-260.
7. Leyer I. Forecasting the reaction of plant species to river regulation: the role of water level fluctuations // Journal of Applied Ecology. - 2005. – Vol. 42. – No. 2. – pp. 239-250

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*Загрязнение, биотесты, водные ресурсы.*

*Саликов Виталий Викторович, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## ЗНАЧЕНИЕ РЕЧНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ОСВОЕНИИ АРКТИЧЕСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**В.В. Шамова, К.А. Давыдов, С.О. Казанова**

### THE SIGNIFICANCE OF THE RIVER TRANSPORT NETWORK OF WESTERN SIBERIA IN THE DEVELOPMENT OF THE ARCTIC COAST

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**V.V. Shamova** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof., Professor of the Department of Water Surveys, Ways and Hydraulic Structures of SSUWT)

**K.A. Davydov** (Master's student of SSUWT)

**S.O. Kazanova** (Master's student of SSUWT)

**ABSTRACT:** Russia's main shipping route in the Arctic is the northern sea route, which makes it possible to deliver goods from Europe to the Asia-Pacific region in a shorter way compared to traditional routes through the Suez Canal. Plans are being discussed for the use of the ports of Sabetta (Gulf of Ob), Dudinka, Krasnoyarsk and Lesosibirsk.

**Keywords:** Northern Sea Route, cargo transportation, dredging, ports, electronic map.

Главная судоходная магистраль России в Арктике – это северный морской путь, который позволяет доставлять грузы из Европы в Азиатско-Тихоокеанский регион более коротким путем по сравнению с традиционными маршрутами через Суэцкий канал. Обсуждаются планы по использованию портов Сабетта (Обская губа), Дудинку, Красноярска и Лесосибирска.

Северный морской путь – главная судоходная магистраль России в Арктике. Помимо водного пространства, непосредственно относящегося к акватории, к нему примыкает огромная территория нашей страны с крупными реками, которые составляют единую систему водных путей. Это позволяет доставлять грузы из Европы в Азиатско-Тихоокеанский регион значительно более коротким путем по сравнению с традиционными маршрутами через Суэцкий канал или мыс Доброй Надежды на юге Африки. Продолжительность навигации составляет 2–4 месяца, на отдельных участках дольше, благодаря ледокольному флоту России, который является крупнейшим в мире [1].

Правительство продолжает работу над созданием инфраструктуры Северного морского пути – важнейшего транспортного коридора национального и мирового значения. Одним из целевых показателей федерального проекта «Развитие Северного морского пути» является мощность морских портов. В 2022 году этот показатель достиг 32,28 млн. тонн (при плановом значении 32 млн. тонн). В 2023 и 2024 годах также ожидается своевременное достижение поставленных показателей – 36 млн. тонн и 83 млн. тонн соответственно.

Госкорпорация «Росатом» должна обеспечить развитие инфраструктуры четырёх терминалов, находящихся в акватории Севморпути. В 2022 году завершено строительство объектов федеральной собственности терминала «Утренний». В этом году будет завершено строительство объектов федеральной собственности терминала «Бухта Север», а в 2024 году – терминала «Северная звезда». Также в этом году начнётся строительство объектов грузового терминала «Мыс Наглейный» и энергопорта для модернизированных плавучих энергоблоков, которое планируется завершить в 2026 году [2].

Росатом планирует провести дноуглубительные работы на Морском канале Обской губы в объеме 6,5 млн. куб. м, в рамках создания нефтяного терминала «Бухта Север» (2,7 млн. куб. м), в рамках проекта по освоению Сырадасайского угольного месторождения (1,8 млн. куб. м).

Кроме того, в рамках ремонтного дноуглубления для порта Сабетта терминала «Утренний» планируется изъять 1,4 млн. куб. м грунта. Оставшийся объем ремонтного дноуглубления придется также на терминал «Утренний» (четвертая набережная), судоходный канал Обской губы и строительство объектов морского порта [3].

В условиях растущего спроса и конкуренции на покупку СПГ некоторые страны пересматривают политику увеличения импорта сжиженного природного газа и возвращаются к производству электроэнергии за счёт угля. Лидером здесь стал Пакистан, который в этом году планирует увеличить электрогенерацию углём в четыре раза. Высокий интерес к этому ресурсу наблюдается у Китая и Индии, что делает его экспорт по СМП более рентабельным.

Ранее Севморпуть уже использовался для доставки угля, однако все эти случаи были фрагментарны. Так, в 2021 году 100 тысяч тонн угля из Усть-Луги было отправлено в Южную Корею. Кроме того, в 2019 году российские власти обсуждали с Казахстаном проект по использованию речной системы Обь-Иртыш для выхода к Севморпути через порт Саббета, но до поставок дело так и не дошло [3].

Выполнена реконструкция объекта «Морской канал» (судоходный подходной канал в Обской губе Карского моря), который предназначен для обеспечения круглогодичного движения судов и вывоза морским транспортом сжиженного природного газа (СПГ) и охлажденного газового конденсата (СПК) с Южно-Тамбейского и Утреннего нефтегазоконденсатных месторождений. По своему географическому положению Объект находится в северо-восточной части полуострова Ямал, на западном берегу Обской губы, на расстоянии около 110 км к северо-востоку от вахтового поселка Сабетта.

Выполнение работ запланировано в 2 этапа, по завершению которых должно быть изъято около 60 млн м<sup>3</sup> грунта. После окончания работ первого этапа в 2021 году ширина канала увеличилась на 180 метров на прямолинейном участке (с 295 м до 475 м), дополнительно создан участок поворота шириной 573 метра, а также образовано второе колено шириной 475 метров. Длина канала увеличилась с 48,9 км до 51,6 км, отметка дна составила 15,1 метра (в Балтийской системе высот 1977 г.). Обеспечена возможность прохода судов типа YAMALMAX длиной 299 метров и дедвейтом 80 000 тонн, а также созданы специальные котлованы для обеспечения возможности транспортировки оснований гравитационного типа для проекта «Арктик СПГ 2» на полуострове Гыдан.

В комплекс выполняемых работ помимо дноуглубления также входят:

- разработка технической документации – рабочей документации, паспорта и технического плана реконструированного объекта;
- проведение комплексного экологического мониторинга состояния окружающей среды во время работ и осуществление мероприятий по компенсации ущерба водным биологическим ресурсам (выпуск молоди рыб);
- оснащение объекта средствами навигационного оборудования – плавучими предостерегательными знаками [4].

Общий объем извлеченного грунта за короткие 73 дня летней навигации 2021 года составил свыше 15 млн м<sup>3</sup>. К работам в 2021 году были привлечены 8 единиц основного флота –

самоотвозные трюмные землесосы, а также 12 единиц вспомогательного флота. Средняя производительность всего флота в сутки составила более 200 000 м<sup>3</sup>, достигая максимальных значений более 400 000 м<sup>3</sup>/сутки. В летнюю навигацию 2022 года (второй этап реконструкции объекта) планируется разработать более 11 млн м<sup>3</sup>. После окончания второго этапа в 2022 году ширина Морского канала на всем протяжении составила 573 м.

Пилотный проект экспортных перевозок грузов с железной дороги до СМП предусматривает использование Енисея и Оби. Из портов Красноярск и Лесосибирск уголь и пиломатериалы будут доставляться речным транспортом до морского порта Дудинка. Затем последует перегрузка на морские суда [4].

В работе была составлена электронная карта исследуемого участка арктического побережья, позволяющая в режиме реального времени вносить любые изменения на рассматриваемой территории (рисунок 1).

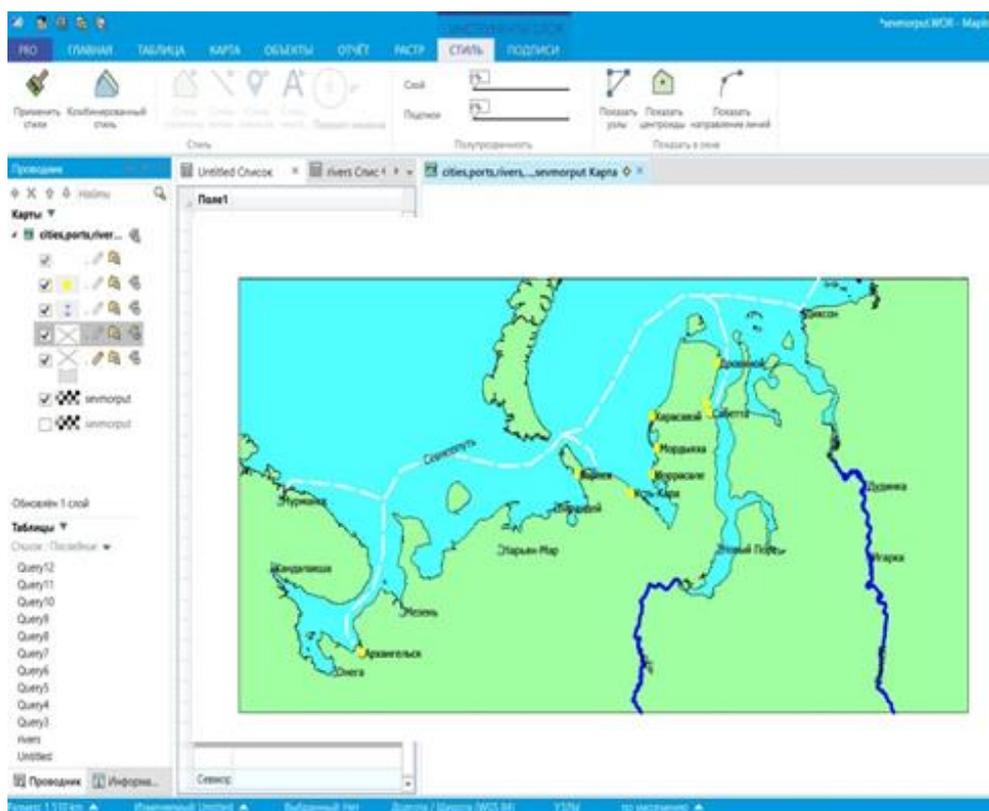


Рисунок 1 – Фрагмент электронной карты исследуемого участка арктического побережья

Министерство транспорта России обсуждает планы по использованию портов Красноярска и Лесосибирска (280 км от Красноярска) для отправки угля и другой экспортной продукции по реке Енисей через Северный морской путь в Азию. Первые партии должны уйти уже в текущем году. Правительство уверено, что использование речных маршрутов позволит существенно расширить потенциал СМП и приблизиться к целевому показателю в 80 миллионов тонн грузов к 2024 году.

Также обсуждается экспорт угля, древесины и зерновых продуктов. Груз будет доставляться до порта Дудинка, где его смогут перевалить на океанические грузовые суда и отправлять в Азию. На сегодняшний день инфраструктура для такой транспортировки готова, а стоимость логистики вполне удовлетворяет угольные компании.

Порт Дудинка расположен в 375 км от устья Енисея и принимает океанские суда длиной до 260 метров и осадкой до 11,8 метров, что достаточно для прохода российских ледоколов [5].

На реку Енисей доставили 4600 тонн грузов для строительства нефтепровода. Как сообщает ФГУП «Атомфлот», это был первый случай параллельной разгрузки сразу двух судов на припай.

Для этого предприятия, в чьем ведении находятся атомные ледоколы, отправило на место свои мощные суда «Урал» и «Таймыр», которые осуществили проводку сухогрузов

«Утренний» и «Григорий Шелихов». Также был задействован дизель-электрический ледокол «Адмирал Макаров».

В общей сложности на лед реки было выгружено 4600 тонн грузов, которые затем по зимникам доставили на соседние стройплощадки.

Одна из ключевых частей груза – это трубы для строительства магистрального нефтепровода, по которому нефть с месторождений будет направляться на терминал «Бухта Север». Также в состав партии вошли вагон-дома и гусеничная техника.

По реке Енисей идет поток грузов в прямом и обратном направлениях в Эвенкию, Таймыр, Норильский промрайон, Ванкорское месторождение (рисунок 2).

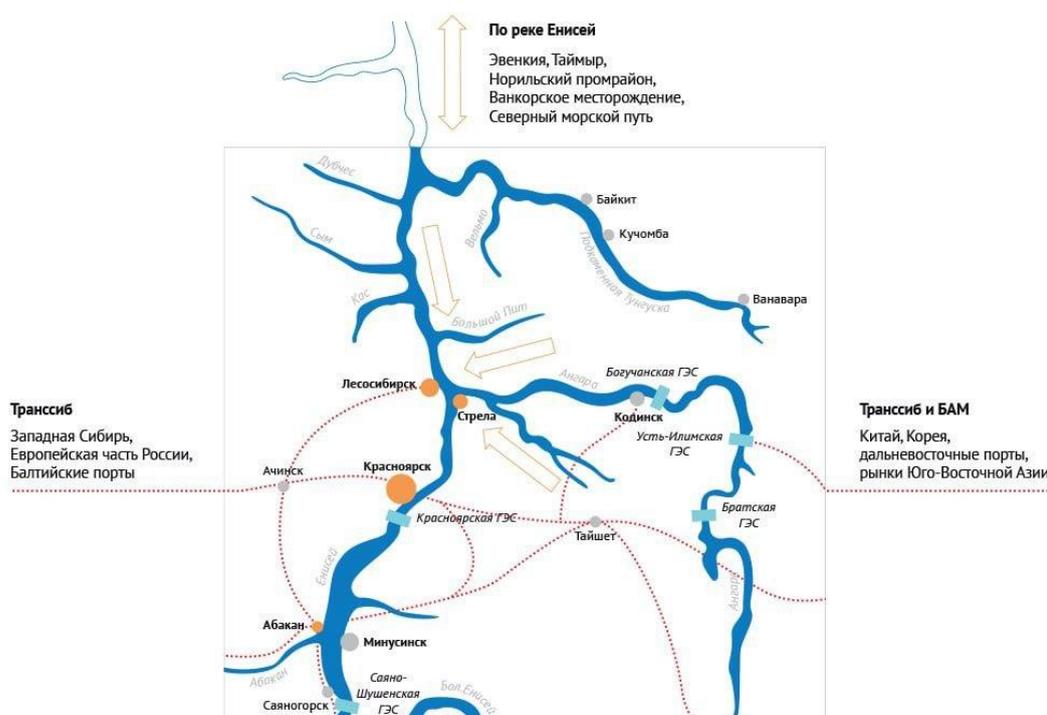


Рисунок 2 – Схема транспортных грузоперевозок

Через г. Красноярск походит трасса ТРАНССИБА, связывающая Западную Сибирь с Европейской частью России, с Балтийскими портами. По Транссибу и БАМу грузы доставляются в Китай, Корею, дальневосточные порты и рынки Юго-Восточной Азии [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Научный центр изучения Арктики. Салехард.2021г., 39с, сайт WWW.arctic.yanao.ru
2. Арктический университет. Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В.Ломоносова., г.Архангельск,24с. WWW.narfu.ru
3. WWW.sakha.gov.ru,88с.
4. Арктические ведомости. Информационно-аналитический журнал №4(19).2016. Москва.72с.
5. Наша Арктика. Официальный информационный партнер V Международного арктического форума «Арктика-территория диалога»,2019г., 45с., WWW.almaz-antey.ru

REFERENCES

1. Scientific Center for the Study of the Arctic. Sal-ekhard.2021, 39p, site WWW.arctic.yanao.ru
2. Arctic University. Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov., Arkhangelsk, 24p. WWW.narfu.ru
3. WWW.sakha.gov.ru, 88p.
4. Arctic statements. Information and analytical journal No. 4 (19). 2016. Moscow.72p.
5. Our Arctic. Official media partner of the V International Arctic Forum "Arctic-Territory of Dialogue", 2019, 45p., WWW.almaz-antey.ru

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Северный морской путь, грузоперевозки, дноуглубление, порты, электронная карта.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Шамова Вера Васильевна, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Водные изыскания, пути и гидротехнические сооружения» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Давыдов Кирилл Андреевич, магистр ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Казанова Светлана Олеговна, магистр ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

## ОСОБЕННОСТИ ПРОПУСКА РЕЧНЫХ И МОРСКИХ СУДОВ ЧЕРЕЗ СУДОХОДНЫЕ ШЛЮЗЫ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

М.И. Ворошилова, К. Оливье

### PECULIARITIES OF THE PAS-SAGE OF RIVER AND SEA VESSELS THROUGH NAVI-GABLE LOCKS

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**M.I. Voroshilova** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of the Department «Waterways, ports and hydraulic structures» of SSUWT)

**K. Olivier** (Captain of the 1st class of Maritime Navigation, Merchant Marine Officer, Commander of Container Ships)

**ABSTRACT:** Features of the operation of locks designed for the safe passage of river and sea vessels, issues of the technical condition and safety assessment of navigable hydraulic structures, the degree of need to equip the locks with safety devices against the bulk of the ship on the gate.

**Keywords:** Hydraulic structures, shipping lock, devices for safe locking, river and sea vessels.

Рассмотрены особенности эксплуатации шлюзов, предназначенных для безопасного пропуска речных и морских судов, вопросы технического состояния и оценки безопасности судоходных гидротехнических сооружений, степень необходимости оснащения шлюзов предохранительными устройствами от навала судна на ворота.

Шлюзы являются важнейшими элементами речного и морского судоходства, они обеспечивают сквозное судоходство через гидроузлы на реках, межбассейновые соединения, доступ к различным портовым сооружениям и каналам, соединяющим моря, реки и порты.

В настоящее время достаточно много внимания уделяется безопасной эксплуатации судоходных гидротехнических сооружений. Тем не менее, некоторые проблемы существуют, и не все решены.

Вопросы состояния и эксплуатации сооружений судоходных гидротехнических сооружений РФ находятся в ведении Минтранса России. Среди судоходных гидротехнических сооружений 108 судоходных шлюзов [1], они различаются по напору, по числу камер, конструкциям. Хотя в структуре судоходных ГТС шлюзы составляют 14,6%, их состояние и эксплуатационные характеристики оказывают огромное влияние на пропускную способность внутренних водных путей. В восточной части России судоходные сооружения представлены Новосибирским шлюзом и Красноярским судоподъёмником.

Вопросам надзора за безопасностью ГТС уделяется большое внимание [2, 3, 4, 5]. Мониторинг за безопасностью судоходных ГТС осуществляет Ространснадзор. Шлюзы должны обеспечивать как безопасный пропуск судов в работе судоходных каналов, так и устойчивость напорных фронтов водохранилищ. Основные причины ограничений пропускной способности касаются как эксплуатационных, так и конструктивных особенностей шлюзов.

Но и конструктивные элементы шлюзов также требуют безопасной эксплуатации и защиты.

Процесс шлюзования речных судов через шлюз предусматривает ряд операций: вход судов в шлюзовую камеру, учалка судна за рымы камеры шлюза, наполнение или опорожнение камеры, выход судна из камеры.

Наиболее частые причины остановки работы шлюзов – навал судов на ворота шлюза. Меры, которые предотвращают остановку эксплуатации шлюза, это: ограничение скорости движения судна и предохранительные устройства,

Разработаны достаточно подробные правила для подхода и прохода судов через шлюзы [6, 7]. Это и ограничение скорости прохождения судна по подходному каналу и при входе в шлюз, и ограничение стоянки судна в камере полезной (эффективной) длиной камеры шлюза.

И, тем не менее, анализ аварийных событий в судоходных шлюзах показывает, что навал судна на ворота является наиболее распространенным событием [8].

Нормами [9] предусмотрены условия защиты ворот шлюзов предохранительными устройствами, рассчитанными на восприятие энергии навала судов. Энергоемкость предохранительного устройства принимается в зависимости от площади зеркала камеры шлюза. При предохранительных устройствах, расположенных на воротах, наибольшее перемещение

судна должно быть не более 1 м. При скоростях течения в верхнем подходном канале менее 0,5 м/с, допускается не устанавливать предохранительные устройства [9].

Анализ оснащения предохранительными устройствами шлюзов России [10] показывает, что предохранительные устройства присутствуют у 15% шлюзов. Лучшие показатели – у ФБУ Администрации «Волго-Дон» – отсутствуют у 37%.

В навигацию 2020 года и 2021 года на шлюзах 5 и 6 Волго-Донского канала произошли аварии из-за навалов судов на ворота шлюзов [11]. Тросовые предохранительные устройства на этих шлюзах опускаются с помощью маневровой мачты.[12] Проводимая комплексная реконструкция шлюзов частично учитывает вопрос дооснащения предохранительными устройствами. По информации о реконструкции этих шлюзов [13], предусмотрен текущий ремонт предохранительных устройств от навала судов на рабочие ворота нижней головы. При этом замене не подлежат закладные части Срок исполнения ремонта – до апреля 2025 года.

Сооружение заградительного устройства на Рыбинском шлюзе, от навала судов на нижние рабочие двустворчатые ворота, было выполнено во время второго этапа реконструкции (1912-1919 гг), это достаточно трудоёмкая работа по сооружению ниш и устройству канатного механизма заграждения [14].

Типы предохранительных устройств бывают различных конструкций. Это тросовое заграждение, используют также балки на воротах, балки перед воротами.

На большинстве шлюзов РФ основной тип заграждения – это тросы с гидравлическим типом амортизаторов (рисунок 1). Но простая на первый взгляд тросовая конструкция обладает достаточным количеством недостатков: излишняя гибкость, сложная система подъема и опускания на днище шлюза, отказы гидравлических систем амортизаторов.



Рис 1 – Тросовое заграждение

Профессором Колосовым предложены, например, такие системы защиты [15], как механическая защита (не перекрывать весь судоходный пролет, а перекрывать только часть его, удерживая судно от навала за скуловые обводы откидными рычагами, рисунок 2 ) или гидравлическая защита (создание «встречной волны», если в режиме движения судна есть нарушение).

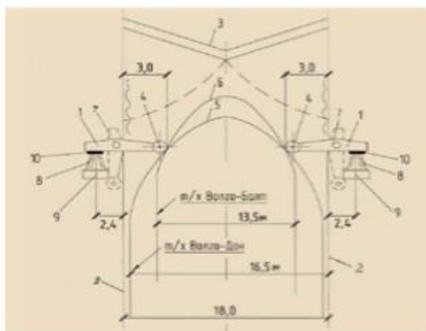


Рисунок 2 – Механическая защита ворот шлюза [15]

У Новосибирского шлюза и после приёма его комиссией после реконструкции (январь 2020г.) так и не появилось предохранительного устройства. Верхняя голова Новосибирского шлюза расположена в аванпорту. Аванпорт шлюза образован двумя земляными дамбами (рисунок 3), а со стороны водохранилища продольная дамба защищена водобойной стенкой.

Течение в подходном канале верхнего бьефа практически отсутствует, очевидно, шлюз может не иметь предохранительного устройства. Вполне возможно, это также может быть компенсировано современной системой управления захода и выхода судна из шлюза, обеспечивающей безопасное движение, в процессе реконструкции шлюз оборудован системой телевизионного наблюдения для контроля за движением судов в районе акватории Новосибирского водохранилища.



Рисунок 3 – Новосибирский шлюз

Напор на большинстве шлюзов в Европейской части России достаточно небольшой, скорости в подходных каналах к воротам тоже, вполне возможно при современной системе управления обойтись без предохранительных устройств, соблюдая при этом безопасную скорость судна, обеспечивающую безопасное движение.

Морские порты России, в отличие от зарубежных портов, не имеют шлюзов для входа во внутреннюю акваторию порта. Но в связи с интенсивным развитием и южных направлений (Каспий – Азов), и Северного морского пути, и путей вдоль восточного побережья РФ, намечаемым ростом перевозок грузов, развитием морского транспорта, вполне возможно, такие сооружения понадобятся, как для уменьшения волнения на акватории порта, так развития бассейнов ковшовых портов.

Практически все крупнейшие порты Западной Европы, расположенные на реках, имеют причальные линии внерусловой формы. Территориально это речные порты, но они принимают крупные морские суда, что обусловлено их интенсивным развитием. Ковши (бассейны) имеют самую разнообразную форму и групповое размещение. Во многих портах, где проявляются значительные приливы, или для связи акваторий ковшовых портов, сооружают шлюзы.

Процессы прохода судов через речные и морские шлюзы существенно отличаются. Для морских судов необходима страховка в виде сопровождения судами - лоцманами, или особыми береговыми буксирами. Морские суда не швартуются к стенам камеры шлюза из-за опасности навала и значительного времени на швартовку судна, что уменьшало бы пропускную способность шлюза.

Рассмотрим, в качестве примеров, процесс прохода через шлюзы морских портов Франции и Бельгии.

Во Франции, порты Гавр и Дюнкерк, оба имеют выход к проливу Ла-Манш, оборудованы большими шлюзами, которые позволяют судам заходить в новые бассейны в рамках развития портов. Эти бассейны защищены от приливов и отливов, и позволяют как можно ближе подходить к сооружениям портовой инфраструктуры (причалы, службы порта, склады). Эти два шлюза, имени Франсуа Первого (длина 400 м, ширина 67 м, глубина 24 м) в Гавре и имени Шарля де Голля, в Дюнкерке, были построены в начале 1970-х годов для поддержки развития этих двух крупных французских портов.

Шлюзы позволяют очень большим кораблям получить доступ к ряду причалов и бассейнов, также связанных с рекой Сена, доступ к которой, через меньшие шлюзы могут получить и суда меньших размеров, и баржи (рисунок 4)



Рисунок 4 – Шлюз в порту Дюнкерк

Оборудование таких шлюзов требует больших вложений, операционная система сложная и некоторые их части, в частности ворота, достаточно уязвимы.

Подход судов к шлюзам осуществляется с лоцманом на борту, который консультирует капитана; пилот и капитан вместе подготовили маневр и проверили двигательную установку задним ходом. Скорость корабля адаптирована к погодным условиям и должна быть как можно ниже, сохраняя при этом управление кораблем. Корабль должен стоять на продольной оси шлюза. Кораблям помогают в маневрировании один или два буксира в зависимости от их размера, носовые и кормовые. Кормовой буксир необходим, потому что он позволяет замедлить движение корабля. Передний буксир становится не нужен, как только вы достигаете определенного расстояния до ворот шлюза.

Мощные отбойные устройства защищают углы бассейна на входе в камеру шлюза, а также стены шлюзовой камеры, но только от небольших ударов. Учитывая размеры кораблей, для защиты ворот не предусмотрено предохранительных устройств, в отличие от устройств, установленных во многих речных шлюзах. Как только судно оказывается в положении намеченной стоянки в камере шлюза, швартовка обычно осуществляется двумя швартовными тросами спереди и двумя швартовными тросами сзади. Как только корабль надежно пришвартован и неподвижен, откатные ворота закрываются, и уровень воды выравнивается с уровнем воды в обслуживаемом бассейне.

Шлюз оборудован постом управления, который обеспечивает беспрепятственный обзор процесса шлюзования; также установлен радар и специальные маяки, туманная сирена и необходимое освещение.

Откатные ворота быстро легко маневрируют, их корпуса полностью защищены от судов в боковых нишах. С другой стороны, они тяжелые и требуют регулярного технического обслуживания изнашиваемых деталей, рельсовых путей скольжения, уплотнительных деталей. Шлюз оборудован четырьмя откатными воротами, что позволяет поддерживать его в рабочем состоянии при техническом обслуживании одних или двух ворот. Передний и задний откидные мосты над камерой обеспечивают движение транспортных средств через шлюз.

Антверпен - самый крупный порт в Бельгии и второй по грузообороту в Европе, расположен на реке Шельда примерно в тридцати милях от Северного моря. Порт имеет большое количество ковшей и шлюзов, самые крупные из которых - Зандвлит (500 м x 57 м x 13,58 м), открытый в 1967 году, и шлюз Берендрехт, построен в 1989 г для приема судна с габаритами

Post-Panamax (500 м x 68 м на глубину 13,50 м). Как и в Гавре, эти два шлюза оснащены каждый четырьмя откатными воротами. Шлюзы позволяют судам заходить в бассейны на правом берегу реки, защищенные от приливов и отливов. Третий крупнейший шлюз - Килдрехт, открытый в 2016 году, 500 м x 68 м x 27 м, обслуживает бассейны на левом берегу реки. Крупные инвестиции были необходимы для того, чтобы порт мог развиваться и сохранять свое место в тройке крупнейших портов Европы, наряду с Роттердамом и Гамбургом.



Рисунок 5 – Шлюз Килдрехт соединяет Dock Deurganck – причал, куда прибывают контейнеровозы, и канал Ваасланд с другими терминалами в порту Ваасланд на левом берегу р. Шельда в Антверпене.

Маневры, которые необходимо выполнить при шлюзовании - такие же, как и в Гавре, но с учётом наличия дополнительных переменных течений для первых двух шлюзов.

Хотя контейнеровозы часто оснащены боковым подруливающим устройством спереди, это не относится к подавляющему большинству балкеров и танкеров. Боковые подруливающие устройства, поскольку иногда их несколько, позволяют на низкой скорости перемещать носовую часть судна в поперечном направлении. На некоторых кораблях они также установлены на корме, но это встречается реже. Как и в Гавре, портовые власти предписывают наличие одного, двух или трех буксиров для крупных судов. Редко можно пройти такие шлюзы в одиночку, поэтому необходимо уделять большое внимание вспомогательному флоту.

Несмотря на правила, ответственность и внимание, и на больших шлюзах не обходится без аварийных ситуаций. Например, в январе 2020 года два буксира столкнулись в Гатунском шлюзе во время буксировки греческого танкера, в марте 2021 г контейнеровоз пробил шлюзы в Брунсбюттеле и в Килле, Германия [16].

В последние годы разработано много полезных и конкретных документов [17, 18], проводятся конференции с обсуждением вопросов безопасности и надежности судоходных ГТС, надзора и контроля за их работой. Министерством транспорта РФ в январе 2022 года была создана Дирекция государственного заказчика по реализации комплексных проектов развития транспортной инфраструктуры (ФКУ «Ространсmodernизация»).

Выводы.

1. Процесс шлюзования для речных и морских шлюзов технологически достаточно отличается. В связи с возможным значительным развитием внутренних водных и морских путей Российской Федерации, увеличением количества грузовых судов с возросшим водоизмещением, необходимо изучение и моделирование гидравлических режимов и условий безопасного отстоя крупнотоннажных судов при шлюзованиях.

2. Предохранительные устройства от навала судов на ворота должны устраиваться в соответствии нормам. Если предохранительное устройство не выполнено, необходим документально обоснованный отказ.

3. Необходимо применять различные предохранительные конструкции ворот, дабы иметь новые решения и опыт для будущей эксплуатации судоходных шлюзов при пропуске.

4. Необходимо следовать принятым правилам безопасной эксплуатации и совершенствовать системы взаимодействия судоводителей и гидротехников.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2020 году». – М.: Росводресурсы, НИА-Природа, 2022. – 510 с.
2. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. N 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений»
3. Федеральный закон от 31.07.2020 г. «О государственном контроле Российской Федерации»
4. Распоряжение Правительства Российской Федерации № 3363-р, где утверждена «Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года». <http://government.ru/news/43429/>.
5. Правила содержания судовых ходов и судоходных гидротехнических сооружений, 2020 г. <https://base.garant.ru/74246284/>
6. Правила пропуска судов и составов через шлюзы внутренних водных путей, 2014 (с изменениями на 16 июня 2015 года) <https://docs.cntd.ru/document/420209047>
7. Правилами движения и стоянки судов в бассейнах внутренних водных путей <https://docs.cntd.ru/document/542630857>
8. Разработка предохранительных устройств металлоконструкций ворот судоходных шлюзов, НТО № 49, ФГОУ ВПО СПГУВК, Санкт-Петербург, 204
9. СП 101.13330.2012 Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения ( актуализированная редакция СНиП 2.06.07-87 )
10. Мельник Г.В. Нормативные требования по оснащению шлюзов предохранительными устройства от навала судов на ворота шлюза и по установке аварийно-ремонтных ворот (по материалам доклада на конференции по вопросам безопасности СГТС, Пермь, 23–25.09.2014 г.), <http://agpr.ru/attachments/article/76/006.pdf>
11. В Волгограде сухогруз протаранил ворота шлюза Волго-Донского канала <https://v1.ru/text/incidents/2021/08/09/70069457/>.
12. ООО "ССМ" займется капитальным ремонтом шлюзов NN5, 6 Волго-Донского судоходного канала, <https://www.sudohodnyj-shlyuz.ru/2022/11/ООО-ССМ-займется-капитальным-ремонтом-шлюзов-5-6-Волго-Донского-судоходного-канала.html>.
13. На текущий ремонт ГТС в Волго-Донском бассейне в 2021 году потратили 99,5 млн руб., <https://portnews.ru/news/327008/>.
14. Реконструкция Рыбинского гидроузла. Этап №2, [https://vk.com/album-129983417\\_236357901](https://vk.com/album-129983417_236357901)
15. М.А. Колосов. Повышение надежности работы судоходных шлюзов, / М. А. Колосов // Транспорт Российской Федерации. - 2006. - №7.
16. Контейнеровоз пробил шлюзы в Брунсбюттеле и в Килле, Германия, <https://www.englishseafarers.com/post/konteynerovoz-probil-shlyuzu-v-brunsbyuttele-i-v-kille-germaniya-05-03-21>
17. Приказ Министерства транспорта РФ от 27 ноября 2020 г. № 524 «Об утверждении формы декларации безопасности судоходных гидротехнических сооружений» <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400064706/>
18. Методические рекомендации по контролю технического состояния и оценке безопасности судоходных гидротехнических сооружений, М., 2011

**REFERENCES**

1. Report "On the state and use of water resources of the Russian Federation in 2020". – М.: Rosvodresursy, NIA-Nature, 2022. – 510 p.
2. Federal Law No. 117-FZ of July 21, 1997 "On the Safety of Hydraulic structures"
3. Federal Law of July 31, 2020 "On State Control of the Russian Federation"
4. Decree of the Government of the Russian Federation No. 3363-r, which approved the "Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period up to 2035". <http://government.ru/news/43429/>.
5. Rules for the maintenance of ship passages and navigable hydraulic structures, 2020 <https://base.garant.ru/74246284/>
6. Rules for the Passage of Ships and Convoys through the Locks of Inland Waterways, 2014 (as amended on June 16, 2015) <https://docs.cntd.ru/document/420209047>
7. Rules of movement and parking of vessels in the basins of inland waterways <https://docs.cntd.ru/document/542630857>
8. Development of safety devices for metal structures of gates of shipping locks, NTO No. 49, FGOU VPO SPGUVK, St. Petersburg, 204
9. SP 101.13330.2012 Retaining walls, shipping locks, fish-passing and fish-protection structures ( updated version of SNiP 2.06.07-87 )
10. Melnik G.V. Regulatory requirements for equipping locks with safety devices against the bulk of ships on the gateway gates and for the installation of emergency repair gates (based on the materials of the report at the conference on security issues of the SGTs, Perm, 23-25.09.2014), <http://agpr.ru/attachments/article/76/006.pdf>
11. In Volgograd, a cargo ship rammed the gates of the Volga-Don Canal lock <https://v1.ru/text/incidents/2021/08/09/70069457/>.
12. LLC "SSM" will be engaged in major repairs of locks NN5, 6 of the Volga-Don shipping channel, <https://www.sudohodnyj-shlyuz.ru/2022/11/ООО-ССМ-займется-капитальным-ремонтом-шлюзов-5-6-Волго-Донского-судоходного-канала.html>.
13. 99.5 million rubles were spent on the current repair of the GTS in the Volga-Don basin in 2021., <https://portnews.ru/news/327008/>.
14. Reconstruction of the Rybinsk hydroelectric complex. Stage #2, [https://vk.com/album-129983417\\_236357901](https://vk.com/album-129983417_236357901)
15. M.A. Kolosov. Improving the reliability of shipping locks, / M. A. Kolosov // Transport of the Russian Federation. - 2006. - №7.
16. Container ship broke through the locks in Brunsbuttel and in Kill, Germany, <https://www.englishseafarers.com/post/konteynerovoz-probil-shlyuzu-v-brunsbyuttele-i-v-kille-germaniya-05-03-21>
17. Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation No. 524 dated November 27, 2020 "On Approval of the Form of the Declaration of Safety of navigable hydraulic structures" <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400064706/>
18. Methodological recommendations for monitoring the technical condition and safety assessment of navigable hydraulic structures, Moscow, 2011

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*Гидротехнические сооружения, судоходный шлюз, устройства для безопасного шлюзования, речные и морские суда.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Ворошилова Марина Игоревна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Водных путей, портов и гидротехнических сооружений» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Оливье Кур, капитан морского флота 1-го класса, офицер торгового флота, командир контейнеровоза*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## КЛАССИФИКАЦИЯ УЗЛОВ СЛИЯНИЯ РЕК

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

В.В. Беляева, С.В. Ступко

### CLASSIFICATION OF RIVER CONFLUENCE NODES

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

V.V. Belyaeva (Assistant to the VIP and GTS Department of SSUWT)

S.V. Stupko (Postgraduate student of SSUWT)

**ABSTRACT:** The article deals with the classification of river confluence nodes. It characterizes their main features and serves as a basis for the development of standard recommendations for improving navigation conditions. In addition, this classification makes it possible to single out the main directions for researching methods for improving navigation conditions in such sections of rivers that are difficult for navigation.

**Keywords:** River confluence nodes, classification, mouth, tributary, channel process.

В статье рассматриваются классификация узлов слияния рек. Она характеризует их основные особенности и служит базой для разработки типовых рекомендаций по улучшению судоходных условий. Кроме того, данная классификация позволяет выделить основные направления по исследованию методов улучшения судоходных условий на таких затруднительных для судоходства участках рек.

Узлы слияния рек представляют собой сложное явление природы, обусловленное непрерывным взаимодействием сливающихся потоков и русла.

Вследствие влияния дополнительных (по сравнению с бесприточными участками рек) руслообразующих факторов выделить типичные формы общего рельефа дна и плановой конфигурации в узлах слияния рек значительно труднее.

На эту тему был выполнен целый комплекс исследований такими авторами, как Н.И. Макавеев, И.В. Попов, М.А. Великановым и другими. Характер руслового процесса в узлах слияния рек зависит не только от гидрологоморфологических особенностей, присущих каждой из сливающихся рек, но и в значительной мере от соотношения гидравлических характеристик сливающихся потоков как в паводок, так и в межень.

Обзор литературных источников, приведенных выше авторов, показал, что сложность руслового процесса при слиянии рек наблюдается не конкретно в месте слияния рек, а узла в целом. Реки Сибирского региона имеют довольно большое количество узлов слияния, например реки Бия и Катунь, Обь и Томь, Иртыш и Обь и т. д. (рисунок 1).



Рисунок 1 – Место слияния рек Бии и Катунь, Оби и Томи

Однако, данные участки рек недостаточно изучены, что стало толчком для начала исследования в данном направлении. Стоит отметить, что в узле слияния всегда одна река является основной, а другая является второстепенной, то есть притоком. Имеются такие участки слияния рек, где практически невозможно выделить основное русло и приток первого порядка, например, Енисей и Ангара. Обе эти реки одинаково полноводны и несут соизмеримый по величине расход воды.

Проведенный анализ исходных данных показал, что выявлено большое разнообразие плановой конфигураций, рельефа дна, гидрологических и геологических условий в узлах слияния рек. Это разнообразие требует при разработке типовых схем улучшения судоходных условий принятия соответствующей классификации узлов слияния рек [1].

Основной принцип построения классификации затруднительных участков состоит в разделении их на группы со сходными гидролого-морфологическими признаками. На основе многолетнего опыта производства путевых работ для каждой такой группы участков разрабатываются типовые мероприятия по коренному улучшению судоходных условий. Для узлов слияния рек такой классификации не получено.

Н. И. Маккавеевым предложена только классификация устьевых притоков, при этом устья притоков разделяются на 2 группы: подпорные и бесподпорные.

Подпорные устья наблюдаются чаще, т. к. половодье на главной реке обычно имеет большую высоту, чем на притоке. Влияние подпора особенно резко оказывает влияние на формировании устья в тех случаях, когда сроки прохождения половодья на сливающихся реках приблизительно одинаковы, то есть подпор распространяется на приток в тот период, когда его воды несут много наносов. Переменный подпор потока в половодье способствует развитию широкой поймы.

Также один из основных факторов, влияющих на формирование гидравлико-морфометрических характеристик в узлах слияния рек – это ледообразование. Во все фазы ледовых явлений: ледостав, ледоход, и прочее, вплоть до полного очищения русла реки ото льда происходят непрерывные процессы взаимодействия между разными потоками. Сильное влияние оказывает как толщина льда, состав ледовых отложений, грунты, слагающие русло и пойму той и иной реки, так и химический и биологический состав воды, который влечет за собой различие, в том числе, и в физических характеристиках (кинематическая и динамическая вязкость и прочее). Взаимодействие различных характеристик потока и русла происходит во время всех фаз руслового режима.

Бесподпорные устья притоков формируются преимущественно в том случае, когда в притоке половодье выше или оно наступает раньше, чем на главной реке. Волна половодья, проходя без подпора по устьевому участку, должна распластаться при входе в долину главной реки, так как ширина и емкость русла последней (в большинстве случаев) превосходит ширину и емкость притока. При этом создается добавочный уклон (спад), способствующий увеличению скоростей течения в приустьевой части притока, размыву дна и выносу наносов в главную реку. Дно притока в приустьевой зоне становится ниже, чем дно главной реки, вследствие чего в межень его поток находится в подпоре. Глубокие плесы с илистым дном являются одной из характерных особенностей приустьевых участков таких притоков.

Наиболее распространены притоки, устьевой режим которых представляет собой нечто среднее между подпорными и бесподпорными. Поэтому описанные выше типы устьев притоков выражены не всегда с достаточной отчетливостью.

Особенности планового очертания русла определяют величину встречи сливающихся рек. Угол встречи, в свою очередь, во многом определяет ход руслового процесса. Поэтому вопросу в настоящее время нет единого мнения.

Так, Н.И. Маккавеев считал, что при слиянии двух потоков особенно велики потери энергии в результате образования дорожки вихрей по границе их раздела, причем, чем круче сопряжение, тем отчетливее выражены вихри, которые при углах встречи  $60^{\circ}$ - $70^{\circ}$  становятся водоворотами, опасными для мелких судов. М. А. Великанов напротив делает вывод, что «слияние двух рек происходит большей частью плавно, и сколько-нибудь отчетливо выраженные вторичные течения имеют место лишь в период слияния паводков». На основе экспериментальных данных утверждается, что при больших углах встречи ( $\geq 30^{\circ}$ ) образования водоворотных зон на границе раздела потоков не происходит.

При построении модели течения в узлах слияния рек этот вопрос играет большую роль и, следовательно, необходимо было провести дополнительные натурные и модельные экспериментальные исследования для установления истины.

Узлам слияния рек соответствует повышенная по сравнению с бесприточными участками нестационарность режима движения воды, поскольку гидрологические условия изменяются во времени на каждой из сливающихся рек.

Большое влияние на гидрологический режим в узлах слияния рек оказывают наличие вблизи (ниже по течению) таких крупных водоемов, как озер, водохранилищ и морей. В этом

случае гидрологический режим регулируется не только поступлением воды сверху, но и не связанным с этим поступлением изменением уровня воды снизу, из-за наличия на крупных водоемах сгонно-нагонных и приливных явлений.

Влияние зарегулирования стока на русловой режим устьев притоков рассмотрено в работах А.В. Серебрякова.

Приведенная классификация устьев притоков Н.И. Маккавеева помогает пониманию физической картины слияния речных потоков, однако использование ее в практических целях при планировании путевых работ по улучшению судоходных условий связано с большими трудностями. Отнесение притока к одному из видов классификации на основе перечисленных факторов само по себе является трудоемкой задачей и, как отмечал сам Н.И.Маккавеев, не всегда разрешимой. Кроме того, Н.И.Маккавеев предложил классификацию устьев притоков, не рассматривая узел в целом. Как подчеркивал М. А. Великанов, такой подход мало дает для выработки мероприятий по улучшению судоходных условий в узлах слияния рек и для этой цели необходимо рассматривать узел целиком, чтобы улучшение судоходных условий в устье притока не привело к ухудшению состояния судоходной трассы на других участках узла [2].

Учитывая, что основной целью классификации затруднительных для судоходных условий участков рек является разработка на ее основе типовых рекомендаций по улучшению судоходных условий предлагается следующая классификация узлов слияния рек, представленная на рисунке 2.

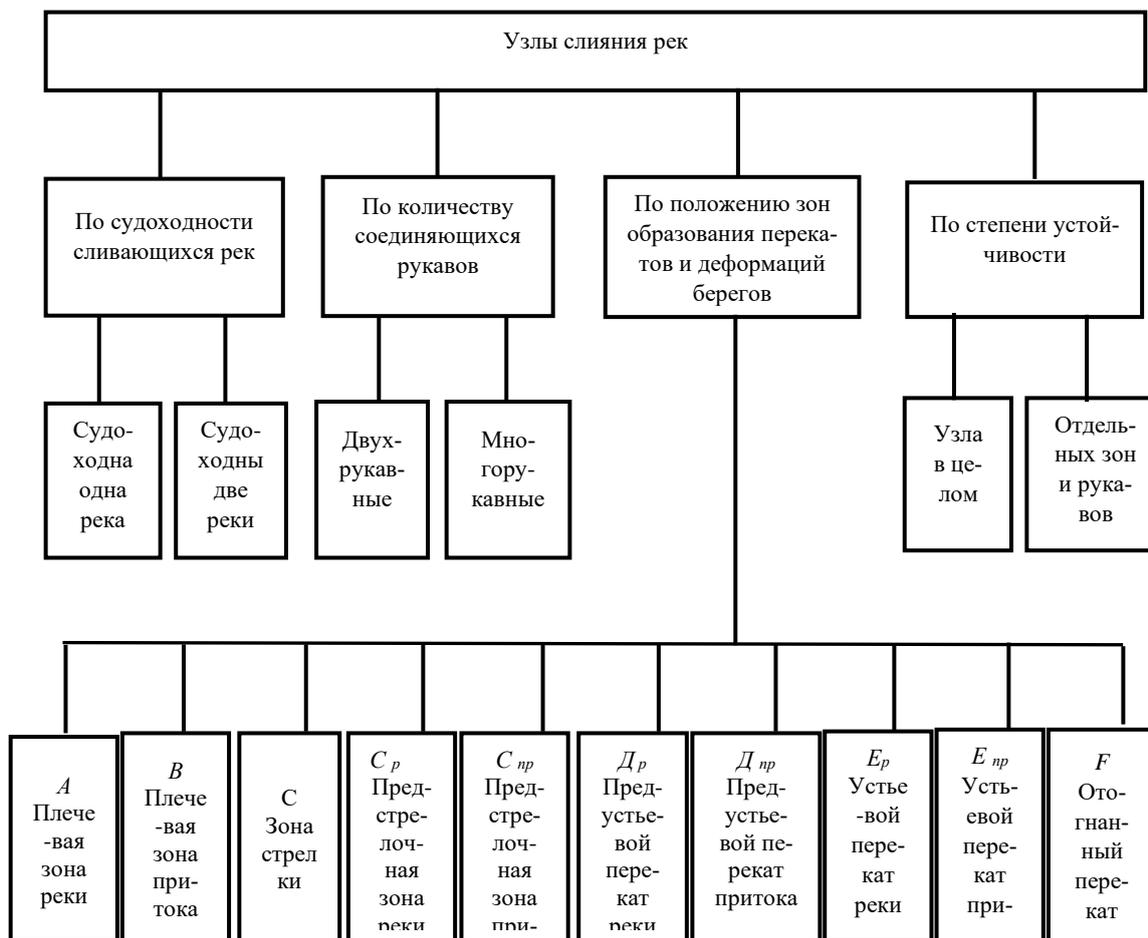


Рисунок 2 – Классификация узлов слияния рек

В ее основу положены четыре признака, по каждому из которых могут быть разработаны типовые рекомендации по улучшению судоходных условий:

1. Судоходность сливающихся рек.
2. Наличие в узле многорукавности.
3. Положение в узле зон образования перекатов и деформаций берегов.
4. Степень устойчивости узла [3].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляева, В.В. Особенности русловых процессов в узлах слияния рек (на примере Обского бассейна/ В.В. Беляева, Т.В. Пилипенко – Текст: непосредственный // Речной транспорт (XXI век) – 2022. - №1. – с. 57-58.
2. Ботвинков, В.М. Исследование методов улучшения судоходных условий в узлах слияния рек (дисс. кан.наук). НИИВТ, 1982. – Текст: непосредственный.
3. Ботвинков, В.М. Проектирование мероприятий по улучшению судоходных условий в узлах слияния рек: учебное пособие/В.М. Ботвинков, О.И. Гордеев, В.В. Дегтярев, Ф.М. Чернышов. – Новосибирск: НИИЖТ, 1981. – 88 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

*Узлы слияния рек, классификация, устье, приток, русловой процесс.**Беляева Виктория Васильевна, ассистент кафедры ВИП и ГТС ФГБОУ ВО «СГУВТ»**Ступко Станислав Владиславович, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»**630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## REFERENCES

1. Belyaeva, V.V. Features of riverbed processes in river confluence nodes (on the example of the Ob basin/ V.V. Belyaeva, T.V. Pilipenko – Text: direct // River transport (XXI century) – 2022. - No. 1. – pp. 57-58.
2. Botvinkov, V.M. Research of methods for improving navigable conditions at the junctions of the confluence of rivers (diss. kan.sciences). NIIVT, 1982. – Text: direct.
3. Botvinkov, V.M. Designing measures to improve navigable conditions at the junctions of rivers: a textbook/V.M. Botvinkov, O.I. Gordeev, V.V. Degtyarev, F.M. Chernyshov. – Novosibirsk: NIIZHT, 1981. – 88 p

---

## СЕВЕРНЫЕ ПОРТЫ КАК ЭЛЕМЕНТЫ ИНФРАСТРУКТУРЫ ВОДНЫХ ПУТЕЙ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**М.И. Ворошилова**

**NORTHERN PORTS AS ELEMENTS OF WATERWAY INFRASTRUCTURE**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**M.I. Voroshilova** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof., of the Department «Waterways, ports and hydraulic structures» of SSUWT)

**ABSTRACT:** The influence and necessity of creating new ports in the Northern regions and the reconstruction and development of existing ones on the implementation of the development strategy for the Arctic zone of the Russian Federation are considered.

**Keywords:** Ports, inland waterways, hydraulic structures, deposits.

Рассмотрено влияние и необходимость создания новых портов Северных регионов и реконструкции и развития существующих на вопросы выполнения стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации.

Развитие Арктической зоны напрямую связано с реконструкцией и развитием существующих портов: это отработанные логистические схемы перевозки грузов, наличие капитального причального фронта, технологические схемы перегрузки, оптимально увязанные с имеющейся перегрузочной техникой. Разработка месторождений в сложных северных условиях, необходимость применения новых технологий и схем перевозки, привязка к месту добычи и переработки полезных ископаемых, повлекли за собой создание новых портов и терминалов. Естественно, создание предприятий добывающей промышленности сопровождается сооружением социокультурной инфраструктуры.

В 1923 году появляются разработанные Правительством Российской Федерации план, распоряжение и указ, определяющие стратегию развития северных территорий и водных объектов [1, 2, 3].

Внутренние водные пути, наряду с Северным морским путём, будут участвовать в осуществлении стратегии развития. Это реки Северная Двина, Печора, Обь, Енисей, Хатанга, Яна, Индигирка, Анабар, Колыма и другие.

Основные проекты, формирующие прогнозируемый объем грузопотока по Северному морскому пути, и связанное в связи с этим сооружение новых портов Севера РФ: Новый Порт – публичное акционерное общество «Газпромнефть» (нефть); Восток Ойл - крупнейший инвестиционный проект в мировой нефтяной отрасли, АО «Роснефтегаз»), Бухта Север (нефть); НОВАТЭК-Ямал СПГ и Арктик СПГ-2 (СПГ – сжиженный природный газ и СГК – стабильный газовый конденсат), «Северная звезда» – дочерняя структура «Норильского никеля», Сырадасайское месторождение – порт Енисей (уголь); Баимское месторождение – общество с ограниченной ответственностью "Горнодобывающая компания Баимская» – медно-порфировая площадь в Билибинском районе Чукотского автономного округа – порт Певек

(золото, медь); «Первая рудная компания», дочерняя структура «Росатома», осваивает Павловское месторождение (серебро, свинец и цинк), на острове Южный, входящем в архипелаг Новая Земля [1, 2].

Инвестиции в строительство портов выполняются как государственным капиталом, так и частным. Согласно Водному кодексу РФ [4], водные объекты находятся в федеральной собственности (за исключением прудов и обводнённых карьеров). Согласно Земельному кодексу Российской Федерации [5], земли промышленности, энергетики, транспорта, – могут принадлежать гражданам (и иностранным), т.е. частным лицам. В соответствии этому, основные объекты строящихся портов делятся на объекты федеральной собственности и объекты инвестора.

Объекты федеральной собственности: подводные гидротехнические сооружения (создание и реконструкции подводных и морских каналов), ледозащитные сооружения, объекты безопасности мореплавания (средства навигации и объекты системы обеспечения безопасности мореплавания), работы по углублению акватории порта и другие.

Объекты инвестора: причалы различного назначения, инженерная инфраструктура, береговая часть с административными зданиями и сооружениями и тд.

Среди новых портов, строительство которых начато, или начнётся в ближайшее время [3], следующие.

Порт Индига (строительство 2023 -2028 гг, Республика Коми), в октябре 2022 года согласована инвестиционная декларация строительства незамерзающего глубоководного морского порта [6], рисунок 1.



Рисунок 1 – Порт Индига

Новый Порт, предприятие «Портовая СПГ», добыча и отгрузка нефти, конденсата, газа. рисунок 2. Отгрузка нефти ведётся через терминал «Ворота Арктики», рисунок 2.



Рисунок 2 – Новый Порт. Терминал «Ворота Арктики»

«Порт Бухта Север», нефтяной терминал, причальная и береговая инфраструктура, на полуострове Таймыр, на конец 2022 сооружено девять причалов и пять баз МТР, строится подводный переход через Енисей. Бюджетные инвестиции в строительство в 2023–2024 годах превысят 3,6 млрд рублей [7], рисунок 3.



Рисунок 3 – Порт Бухта Север и нефтепровод

Морской порт Енисей, также на полуострове Таймыр, Правительство РФ в 2023 году направит на строительство акватории грузового причала и канала 3,18 млрд рублей [8], рисунок 4.



Рисунок 4 – Порт Енисей в структуре проекта по освоению месторождения угля

Продолжает развиваться порт Сабетта, рисунок 5, арктический порт на западном и восточном берегах Обской губы Карского моря, полуостров Ямал и полуостров Гыдан, компания Новатэк [9]. В полной эксплуатации первый участок порта – Ямал-СПГ, на западном берегу Обской губы, продолжается строительство второго участка – Арктик СПГ-2, на восточном берегу Обской губы. Специально для этого строительства недалеко от Мурманска вблизи п. Белокаменка, создан Центр строительства крупнотоннажных морских сооружений. Строится Арктическая перевалка, – два перегрузочных комплекса СПГ на Камчатке и в Мурманской области.

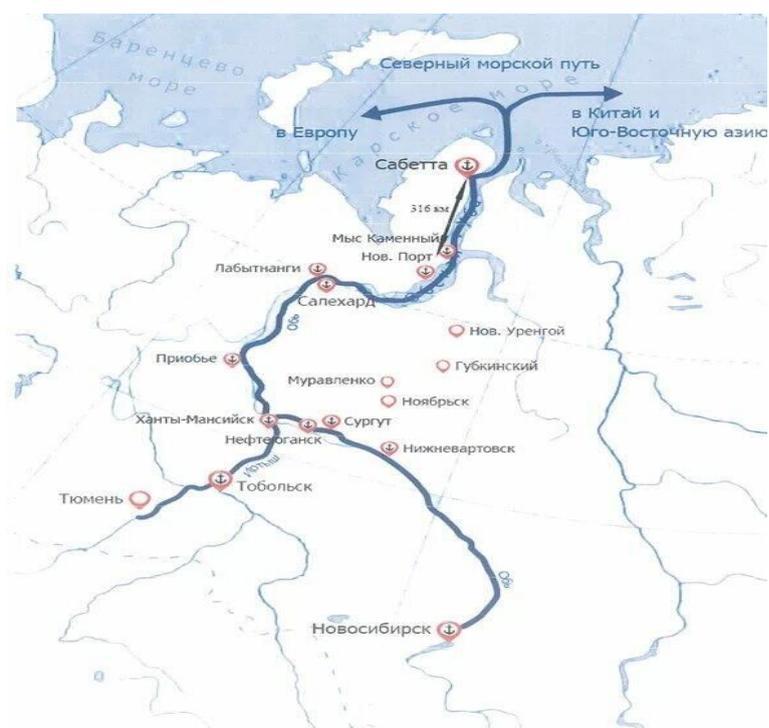


Рисунок 5 – Порт Сабетта

Одним из главных транспортных узлов на Севере в настоящее время является Мурманск. Его морские районы пополнятся следующими терминалами: Лавна – угольный терминал Мурманского порта, строительство планируется закончить в 2024 г; Тулома – контейнерный терминал компании «Фосагро», 2021-2023 гг; Витино: морской порт и нефтебаза», 2021-2022 гг; Ударник – строящийся в Мурманской области рефрижераторный терминал, будет закончен в 2026 г.

Второй транспортный узел – порт Архангельск. К реконструкции и переоборудованию старых причалов добавят строительство Арктического портово-промышленного комплекса «Таллаги» (три причала, контейнерный терминал, терминал навалочных грузов, а также терминал генеральных грузов), рассматривается возрождение порта Онега.

В восточной части страны предусмотрены реконструкция и развитие таких портов, как Дудинка, Хатанга, Тикси, Диксон, Нарьян-Мар [3].

На Чукотке ожидается бурное развитие порта морского порта федерального значения Певек. До последнего времени он служил перевалочной базой для экспорта мелкофракционного каменного угля из Якутии в Китай. С освоением Баимского месторождения (ОО «Горнодобывающая компания Баимская», 13 месторождений, ресурсы площади оцениваются в 23 млн тонн меди и 2 млн кг золота), решено строить новый район порта, с западной стороны Чаунской губы, на мысе Наглёйнгын. В 2023 года Правительство РФ выделило на расширение порта Певек более 27,5 млрд рублей (строительство новых причалов и инфраструктура под модернизированный энергоблок плавучей атомной теплоэлектростанции) Оставшиеся 27,58 млрд руб. будут направлены в проект из внебюджетных источников. Эксплуатация нового района должна начаться с 2026 года. [10]. Для доставки продукции с горно-обоганительного комбината до порта будет построена автодорога длиной 430 км, рисунок 6.

Предусмотрено проведение дноуглубление практически всех рек, впадающих в северные моря Арктического бассейна. Это Печора, Анабар, Лена, Яна, Индигирка и Колыма, Индигирка. Это необходимо для сохранения рек как транспортных путей в обеспечении жизнедеятельности населения и освоении месторождений редкоземельных металлов, алмазов, угля.

Развитие предприятий по добыче и переработке полезных ископаемых обязательно ведёт к созданию новых поселений и притоку жителей в северные регионы страны. Уже меняется инфраструктура старых посёлков, построены новые. Развиваются туристско-рекреационные и этноэкологические кластеры, почти вдоль всего Арктического побережья [11].



Рисунок 6 – Порт Певек

Необходимо подчеркнуть роль портов как транспортных узлов. Как пример, соединение водных путей, железнодорожных, автомобильных, в районе Обской губы, рисунок 7, создаёт единую транспортную сеть. Реки Северная Двина, Печора, Обь, Иртыш, Томь. Надым, Пур, Таз, Енисей, Б.Хета, Хатанга и порты, существующие и строящиеся, являются неотъемлемой её частью.



Рисунок 7 – Формирование мощного транспортного хаба в центральной части Российской Арктики [12]

**Выводы:**

1. Создание новых портов и реконструкция и развитие существующих напрямую влияет на выполнение целей стратегии развития Арктической зоны и способствует развитию как промышленности, так и повышению уровня жизни населения северных регионов.
2. Порт, как транспортный узел, место пересечения водного, железнодорожного, автомобильного и трубопроводного транспортов, способствует созданию мощных транспортных хабов, повышая пропускную способность единой транспортной сети.
3. Освоение месторождений, открытых в прошлом веке, но расположенных в суровых северных условиях, стало возможным благодаря новым технологиям по каптажу и открытым способам разработки, новым решениям по транспортировке грузов, созданию достаточного количества нового флота.
4. Вопросам сохранения природных условий уделяется достаточно внимания в документах, обязательно необходим экологический контроль, в соответствии с природоохранными нормативными документами.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. План развития Северного морского пути до 2035 года, утверждён распоряжением правительства РФ от 1 августа 2022 г № 2115-р. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://government.ru/docs/46171/> (Дата обращения 25 апреля 2023)
2. Распоряжение правительства РФ от 1 февраля 2021 г № 209-р «Перечень инвестиционных проектов планируемых к реализации на территории Арктической зоны РФ» [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://government.ru/docs/46171/> (Дата обращения 25 апреля 2023)
3. Указ президента РФ «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» <https://docs.cntd.ru/document/566091182> (с изменениями на 27 февраля 2023 года) [Электронный ресурс] - Режим доступа: (Дата обращения 25 апреля 2023)
4. Водный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901982862?ysclid=lgvvnv5mm60862680000> (Дата обращения 25 апреля 2023)
5. Земельный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] - Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_33773/886c3f46d3618505423dae8baff0b76754c1c231/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/886c3f46d3618505423dae8baff0b76754c1c231/) (Дата обращения 25 апреля 2023)
6. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://portnews.ru/news/337146/?ysclid=lgckwm47c8118388571> (Дата обращения 25 апреля 2023)
7. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://seanews.ru/2023/01/20/ru-zastrojshhikom-porta-buhta-sever-opredeleno-gidrograficheskoe-predpriyatje/> (Дата обращения 25 апреля 2023)
8. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://portnews.ru/news/345336/> (Дата обращения 25 апреля 2023)
9. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.novatek.ru/ru/business/assets> (Дата обращения 25 апреля 2023)
10. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2023/03/10/965899-pravitelstvo-videlilo-na-rasshirenie-porta-pevek-bolee-275-mlrd> (Дата обращения 25 апреля 2023)
11. Инвестиционный портал Арктической зоны России [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://arctic-russia.ru/projects/> (Дата обращения 25 апреля 2023)
12. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://expert.ru/expert/2015/35/shans-na-proyiv/> (Дата обращения 25 апреля 2023)

**REFERENCES**

1. The development Plan of the Northern Sea Route until 2035, approved by the Decree of the Government of the Russian Federation No. 2115-r dated August 1, 2022. [Electronic resource] - Access mode: <http://government.ru/docs/46171/> / (Accessed April 25, 2023)
2. Decree of the Government of the Russian Federation No. 209-r dated February 1, 2021 "List of investment projects planned for implementation in the Arctic zone of the Russian Federation" [Electronic resource] - Access mode: <http://government.ru/docs/46171/> / (Accessed April 25, 2023)
3. Decree of the President of the Russian Federation "On the Strategy for the Development of the Arctic Zone of the Russian Federation and ensuring national security for the period up to 2035" <https://docs.cntd.ru/document/566091182> (as amended on February 27, 2023) [Electronic resource] - Access mode: (Accessed April 25, 2023)
4. The Water Code of the Russian Federation [Electronic resource] - Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/901982862?ysclid=lgvvnv5mm60862680000> (Accessed April 25, 2023)
5. The Land Code of the Russian Federation [Electronic resource] - Access mode: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_33773/886c3f46d3618505423dae8baff0b76754c1c231/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/886c3f46d3618505423dae8baff0b76754c1c231/) / (Accessed April 25, 2023)
6. [Electronic resource] - Access mode: <https://portnews.ru/news/337146/?ysclid=lgckwm47c8118388571> (Accessed April 25, 2023)
7. [Electronic resource] Access mode: <https://seanews.ru/2023/01/20/ru-zastrojshhikom-porta-buhta-sever-opredeleno-gidrograficheskoe-predpriyatje/> / (Accessed April 25, 2023)
8. [Electronic resource] Access mode: <https://portnews.ru/news/345336/> / (Accessed April 25, 2023)
9. [Electronic resource] - Access mode: <https://www.novatek.ru/ru/business/assets> (Accessed April 25, 2023)
10. [Electronic resource] - Access mode: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2023/03/10/965899-pravitelstvo-videlilo-na-rasshirenie-porta-pevek-bolee-275-mlrd> (Accessed April 25, 2023)
11. Investment portal of the Arctic zone of Russia [Electronic resource] - Access mode: <https://arctic-russia.ru/projects/> / (Accessed April 25, 2023)
12. [Electronic resource] - Access mode: <https://expert.ru/expert/2015/35/shans-na-proyiv/> / (Accessed April 25, 2023)

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*Порты, внутренние водные пути, гидротехнические сооружения, месторождения.*

*Ворошилова Марина Игоревна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Водных путей, портов и гидротехнических сооружений» ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЛЕДОВЫХ МАСС ЧЕРЕЗ ГИДРОУЗЛЫ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Н.Н. Фомичева

## MODELING THE MOVEMENT OF ICE MASSES THROUGH WATERWORKS IN THE SPRING

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

N.N. Fomicheva (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

**ABSTRACT:** Preventing congestion is an urgent task. There are a number of measures to ensure the non-blocking passage of ice through the waterworks. The author describes the process of ice passing through a concentrated drop. The equations describing the free surface and the motion of the center of gravity of the ice floe are obtained.

**Keywords:** Hydraulic modeling, ice formation, spring ice drift.

Предотвращение заторных явлений является актуальной задачей. Существует ряд мероприятий, обеспечивающий беззаторный пропуск льда через гидроузлы. Автором дается описание процесса прохождения льда через сосредоточенный перепад. Получены уравнения, описывающие свободную поверхность и движение центра тяжести льдины.

Суровая климатическая зона покрывает огромную часть территории России. На многих реках нашей страны наблюдаются ледовые явления. Наиболее опасными являются наводнения, которые происходят в период весеннего половодья при вскрытии рек в результате формирования скоплений льда в руслах рек [1]. Если иметь в виду, что многие реки имеют равнинный характер и протекают по низинным территориям, то становится ясным, что в этих областях могут возводиться низконапорные гидроузлы. То есть создаваемые при этом водохранилища относятся к типу речных. В таких водохранилищах невозможно обеспечить задержание льда, при котором он мог бы потерять свою прочность. И как следствие вышеупомянутого, необходимо решать вопросы пропуска льда через гидротехнические сооружения [2].

Процесс пропуска льда происходит в условиях неустановившегося движения потока с ледовыми образованиями, которые подвергаются деформациям и разрушению. Натурные исследования многих авторов позволили получить решения, относящиеся в основном к строительному периоду [3].

Целью данной работы является получение зависимости для описания свободной поверхности потока жидкости в условиях ледохода и зависимости, описывающей траекторию движения льдин. Для чего необходимо решить следующие задачи: в лабораторных условиях выполнить изготовление водослива и вспомогательных конструктивных элементов, модельного льда; исследовать движение льда. Таким образом, осуществление цели экспериментальных исследований дает возможность получить данные о взаимодействии потока воды и движущегося в нем льда на участке перед водосливом.

При моделировании ледовых явлений или процессов на реках пользуются индикатором механического подобия, который для модели с искажением геометрического масштаба имеет вид [4]:

$$\frac{m_{\sigma} \cdot m_h}{m_l \cdot m_{\gamma}} = 1, \quad (1)$$

где  $m_{\sigma}, m_h, m_l, m_{\gamma}$  – масштабные коэффициенты временного сопротивления на изгиб, толщины, длины и удельного веса льда.

Исходя из геометрического подобия получаем следующее постоянное соотношение:

$$\frac{l_M}{l_H} = \mu_l = const \quad (2)$$

Масштаб моделирования принят равным  $\mu_l = 1:35$ .

Равенство чисел Фруда обеспечивают динамическое подобие, из чего следует:

$$\frac{v_M}{v_H} = (\mu_l)^{1/2}; \quad v_H = 5,92v_M; \quad (3)$$

$$\frac{Q_M}{Q_H} = (\mu_l)^{5/2}; \quad Q_H = 5,92Q_M, \quad (4)$$

где  $v_M, Q_M$  – скорость и расход модельного потока;  
 $v_H, Q_H$  – скорость и расход реального.

Также при моделировании необходимо соблюдение следующего соотношения

$$\frac{\rho_{лн}}{\rho_{вн}} = \frac{\rho_{лм}}{\rho_{вм}} \quad (5)$$

Отсюда следует, что должны быть равны плотности льда модельного и натурального.

Моделирование процессов движения льда выполнялось в лабораторном лотке, оборудованном основным двухпролетным водосливом с широким порогом. В качестве вспомогательных водосливов, которые располагались перед основным и создавали сосредоточенный перепад на свободной поверхности потока, использовались водосливы полигонального профиля. Образцы модельного льда, изготовленные из технического воска, имели плотность близкую к  $920 \text{ кг/м}^3$ . Пластины, моделирующие лед, имели размеры: длины от 4,5 до 24 м; ширины – 12 м; толщину от 0,9 до 1,3 м в пересчете на натурные условия.

Для описания свободной поверхности на сосредоточенном перепаде пользуются одним из двух уравнений вида:

$$\xi = z_0 (1 - e^{k\chi}); \quad (6)$$

$$\xi = a\chi^2 + b\chi + c, \quad (7)$$

где  $\xi$  и  $\chi$  – координаты;  
 $z_0$  – величина перепада;  $k, a, b$  и  $c$  – постоянные коэффициенты, определяемые из опыта.

При расположении начала координат как показано на рисунке 1, постоянная  $c = 0$ .

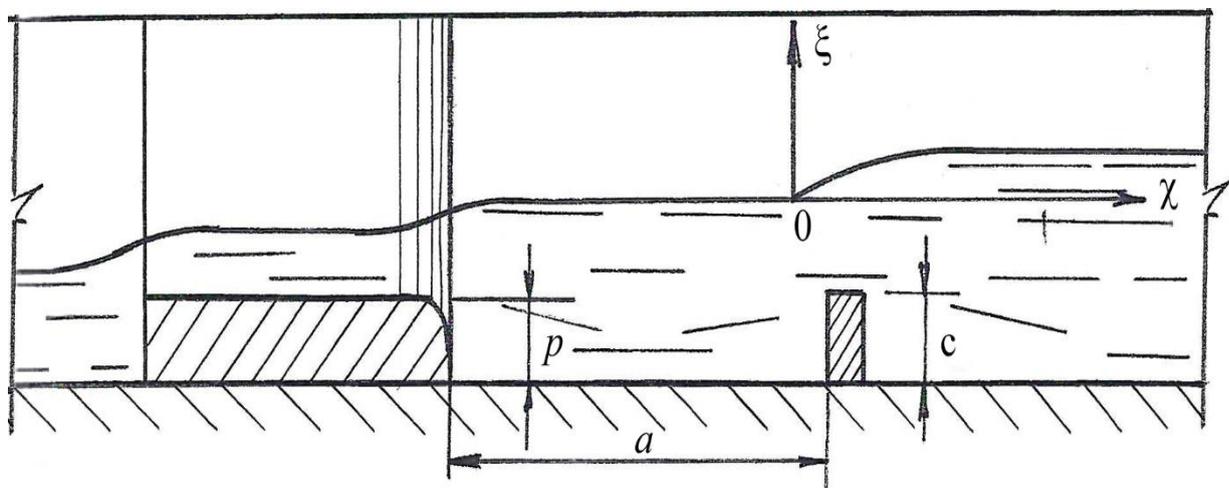


Рисунок 1 – Расчетная схема для построения кривых свободной поверхности

Коэффициент  $k$  в уравнении (6) был получен в виде:

$$k = \frac{-\sum_{i=1}^n \chi_i \ln(1 - \frac{\xi_i}{z_0})}{\sum_{i=1}^n \chi_i}, \quad (8)$$

где  $n$  – количество точек.

В результате обработки данных исследований для каждой кривой свободной поверхности были определены коэффициенты  $k, a$ , и  $b$ . На рисунке 2 показаны кривые свободной поверхности, построенные по уравнению (7) для различных значений  $z_0$  и  $c/p$ , где  $c$  – высота вспомогательного водослива,  $p$  – высота порога основного водослива.

а)

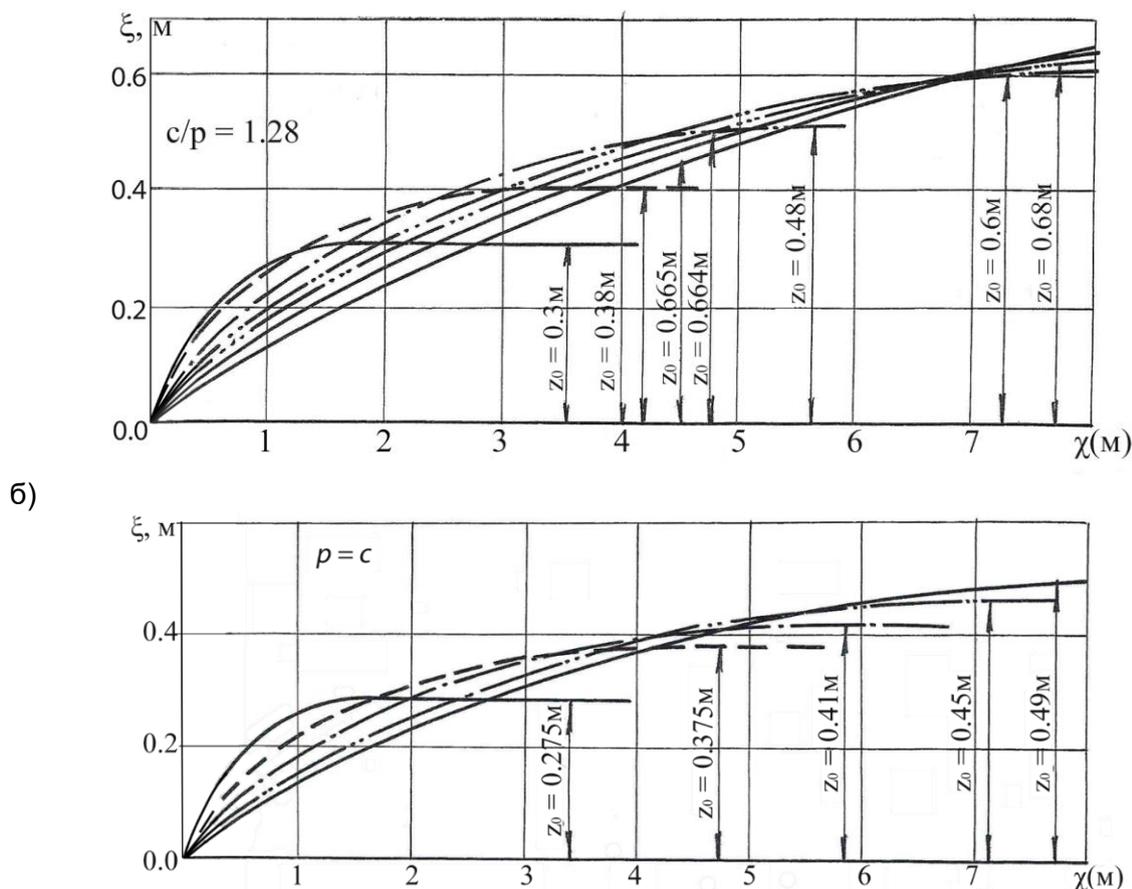


Рисунок 2 – Кривые свободной поверхности потока, построенные по зависимости (7)

В задачи исследований прохождения льда через сосредоточенный перепад входили: установление углов наклона льдины при движении; получение траектории движения центра тяжести льдин различных типоразмеров; установление значения перепада  $Z$ , при котором лед проходит сосредоточенный перепад, не касаясь гребня вспомогательного водослива и дна лотка.

Анализ некоторых результатов изменения угла наклона льдины при движении показал, что он зависит в основном от двух параметров: перепада  $Z$  и длины  $l$ . Чем больше перепад, тем больше угол наклона и чем больше длина льдины, тем меньше ее наклон. Предварительное исследование траекторий движения центра тяжести льдин показало, что при перепадах  $Z \leq 0,92h$  – траектории достаточно плавные. При перепадах  $Z > 0,92h$  картина движения льда значительно изменялась.

Для описания траектории движения центра тяжести льдины предложено уравнение

$$Y = z_0 (1 - e^{-kX}). \quad (9)$$

где  $z_0$  – величина перепада;  
 $Y, X$  – координаты;  
 $k$  – коэффициент.

Формула для определения коэффициента  $k$  может быть представлена в следующем виде:

$$k = 0,00013l^2 - 0,013l + 0,35, \quad (10)$$

где  $l$  – длина льдины.

Выполненное моделирование динамики потока и движения льдин во время ледохода показывают, что избежать заторообразования можно, обеспечив беспрепятственное прохождение льдины через гидроузел.

Это возможно, если повысить кинетическую энергию потока, что может быть достигнуто увеличением уклонов и скоростей. Рассмотренный конструктивный элемент в качестве вспомогательного порога создает такую кривую свободной поверхности, на которой происходит разлом ледяных полей. Мелкие ледяные образования легче проходят и через водосливы, и через сложные в морфометрическом отношении участки речных русел.

**Выводы:**

1. Избежать нежелательных процессов заторообразования можно путем обеспечения беспрепятственного пропуска льда через гидроузлы в весенний период.
2. Выполненное гидравлическое моделирование прохождения льдин через гидроузлы позволило получить уравнения движения потока и движения льдин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Банщикова Л. С. Мониторинг процесса заторообразования на реках по пространственно-временным графикам уровня воды / Метеорология и гидрология, 2008. – №9 – с.87-93.
2. Фомичева Н. Н., Кофеева Н. Н. Беззаторный пропуск льда через гидроузлы в эксплуатационный период // Научные проблемы водного транспорта №72(3), 2021. – 282 с. Doi <https://doi.org/10.37890/jwt.vi72.296>.
3. Кореньков В. А. Основные схемы и решающие факторы пропуска льда при строительстве ГЭС в условиях Сибири. – Труды координационных совещаний по гидротехнике, вып.42 – М.: Энергия, 1968. – С. 59–63.
4. Козлов Д. В. Моделирование ледовых явлений: учебное пособие. – М. – 2020. – 145 с.

REFERENCES

1. Banshchikova L. S. Monitoring of the process of flooding on rivers by spatial-temporal graphs of the water level / Meteorology and hydrology, 2008. – No.9 – pp.87-93.
2. Fomicheva N. N., Koscheeva N. N. Bezzatorny passage of ice through waterworks during the operational period // Scientific problems of water transport №72(3), 2021. – 282 C. Doi <https://doi.org/10.37890/jwt.vi72.296>.
3. Korenkov V. A. The main schemes and decisive factors of ice passage during the construction of hydroelectric power plants in Siberia. – Proceedings of coordination meetings on hydraulic engineering, issue 42 – Moscow: Energia, 1968. – pp. 59-63.
4. Kozlov D. V. Modeling of ice phenomena: textbook. – M. - 2020. – 145 p.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Гидравлическое моделирование, заторообразование, весенний ледоход.  
**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Фомичева Няля Николаевна, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РЕКИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЕЙ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**М.А. Бучельников, В.Н. Кофеева**

### METHODOLOGICAL APPROACHES TO ASSESSING THE ENVIRONMENTAL IMPACT ON RIVERS DURING THE OPERATION OF INLAND WATERWAYS

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia  
**M.A. Buchelnikov** (Ph.D. of Biological Sciences, Assoc. Prof., of the Department « SPKIOVR » of SSUWT)  
**V.N. Kofeeva** (Senior Lecturer of SSUWT)

**ABSTRACT:** The article discusses methodological approaches to assessing the environmental impact during the operation of inland waterways and other works carried out in riverbeds and floodplains. The hydroecological condition of the river section is influenced by many natural and man-made factors (alluvium displacement, turbidity, channel width change, dredging), which will be taken into account by mathematical modeling, including artificial intelligence.

**Keywords:** Environmental impact, hydrological and hydroecological calculations, natural and man-made factors, anthropogenic impact, artificial intelligence.

В статье рассмотрены методические подходы к оценке экологического воздействия при эксплуатации внутренних водных путей и иных работ, проводящихся в руслах и поймах рек. На гидроэкологическое состояние участка рек оказывает влияние множество природных и техногенных факторов (перемещение аллювия, мутность, изменение ширины русла, дноуглубление) учесть которые позволит математическое моделирование, включающее искусственный интеллект.

Поддержание гидроэкологического благополучия больших и малых рек России - важнейшая задача, внимание которой уделяется на самом высоком уровне. Так, в своем Послании Федеральному Собранию Президент Российской Федерации В.В. Путин заявил: «Продолжим и оздоровление уникальных водных объектов, включая Байкал и Волгу, а в среднесрочной перспективе распространим эту работу на такие наши реки, как Дон, Кама, Иртыш, Урал, Терек, Волхов и Нева, озеро Ильмень. Нельзя забывать о наших средних и малых реках, обращая на это внимание всех уровней властей» [1].

По словам Председателя Правительства Российской Федерации М.В. Мишустина работа в данном направлении будет значительно расширена уже в ближайшее время: «С 2025 года

мы запустим федеральный проект по поручению президента по оздоровлению крупных рек и водоемов - это весь соответствующий бассейн Волги, дополнительно это примерно у нас 14 регионов. Еще и Дон, и Амур, Урал, Терек, Иртыш – там много вопросов. <...> Там и ливневка, и канализация, и очистные сооружения. Надо рассматривать все комплексно» [2].

Цель планируемой работы - создание экологически комфортных условий для многих миллионов людей, проживающих в бассейнах крупных рек.

Задачи, стоящие перед исполнителями, комплексные, а следовательно, многофакторные: требуется произвести очистку берегов и русла водных объектов от мусора, реконструировать или построить множество очистных и водопропускных сооружений, восстановить ряд водных объектов. Представляется очевидным, что успешное их решение невозможно без основательной научной базы и точных инженерных расчетов.

Одним из основных факторов выступает необходимость создания и поддержания в нормативном состоянии внутренних водных путей, которые являются важнейшим компонентом транспортной инфраструктуры Российской Федерации. Во многих районах страны они безальтернативны для осуществления грузоперевозок в отдаленные северные регионы. Стратегия развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года (Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 февраля 2016 года №327-р) определяет внутренний водный транспорт как один из наиболее экологически чистых. В «Стратегии..» отмечено, что «Развитие речных перевозок - важный фактор снижения совокупной экологической нагрузки транспортной отрасли, поскольку удельные показатели по выбросам углекислого газа на внутреннем водном транспорте составляют лишь 5 процентов выбросов на автомобильном и 20 процентов на железнодорожном транспорте, а уровень аварийности (в денежной оценке) ниже соответственно в 14 и 2 раза».

Особенно сложными для обустройства выступают участки с комплексным воздействием на реку там, где на систему поток-русло оказывают влияние транзитные и капитальные дноуглубительные прорезы, разного рода рулонаправляющие сооружения, строительство набережных, опоры мостов, действующие или заброшенные карьеры нерудных строительных материалов.

В настоящее время к оценке воздействия инженерных работ на экосистемы русла и поймы имеется два базовых принципа.

Первый из них основывается на положении, утверждающем то, что степень воздействия прямо пропорциональна скорости искусственных изменений в «морфологии» русла (т.е. механического повреждения дна, берегов) на конкретном участке. Собственно биота в этом случае не рассматривается, так как предполагается, что в ходе воздействия она или уничтожается полностью или ей наносится значительный ущерб. Вместе с тем, такой подход имеет свои преимущества: он позволяет формализовать методы расчета ущерба, позволяет перейти к количественным (хотя и приближенным) оценкам воздействия.

Второй предполагает изучение непосредственно биоты, пострадавшей в результате техногенного влияния. С одной стороны, этот принцип наиболее точен: он позволяет дать характеристику ущерба, нанесенного именно живым организмам, с другой – имеет два существенных недостатка. Один из них заключается в значительных трудозатратах на отбор биологических проб и их обработку; эти процедуры отнимают много времени и требуют наличия подготовленных специалистов, другой состоит в том, что даже самые подробные гидробиологические изыскания не дают общей картины, они имеют смысл при знании экологии реки в целом.

На наш взгляд, для оценки экологической безопасности путевых работ возможно применение и первого и второго подходов, но важна верная интерпретация получаемых результатов и четкое понимание происходящих в реке экологических процессов. Так для изучения глобальных экологических последствий (на участках большой протяженности – в несколько десятков или даже сотен километров) подходит первый метод. Для проведения процедуры оценки воздействия на окружающую среду капитальных прорезей, русловых или пойменных карьеров, берегозащитных сооружений или для комбинированных работ, предполагающих коренное изменение русла, а, следовательно, и экологических условий на всем участке, второй - биологический. Однако, в любом случае необходимо стремиться к синтезу, с тем, что бы при минимальных затратах оценка воздействия была как можно более корректной в экологическом аспекте. В современных нормативных (методических) документах (в частности, в «Методике исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам» (утверждена Приказом №1166 Росрыболовства от 25 ноября 2011 года, зарегистрирована в

Минюсте России 5 марта 2012 г. № 23404 и более позднем варианте утвержденном приказом № 167 Минсельхоза России от 31 марта 2020 года) [108, 109] используется именно такая комбинация: размер ущерба рассчитывается на основе и физических параметров (площади воздействия, объема взмученной воды) и биологических (биомасса организмов и т.п.). Однако, в свою очередь, «Методика...» не позволяет спрогнозировать более долгосрочные изменения в экосистеме.

Вместе с тем, при практическом использовании такого «синтетического», комплексного подхода возникает немало сложностей. Вопрос о тесной связи живого и неживого компонентов экосистем и влиянию на них хозяйственного использования водных ресурсов приобрел особую актуальность в конце 70-х начале 80-х годов прошлого века когда в Советском Союзе началось планирование переброски части стока сибирских рек на юг.

Определяя подходы для анализа природно-антропогенных систем необходимо осознавать их бесконечную многофакторность, ту сложность, которая приводит как к предсказуемым, так и непредсказуемым изменениям в окружающей среде. В территориальных системах под воздействием человека возникают так называемые «цепные реакции», которые могут быть отображены в виде схем или «матриц» процессов. В начале исследований должен быть создан как можно более обширный, емкий «банк данных», которые могут быть использованы для разнообразных целей: уяснения механизмов влияния одних компонентов среды на другие, разработки мер по устранению нежелательных экологических или экономических последствий, выбора наиболее безопасного варианта проекта и других. Прежде всего, должно быть проанализировано первоначальное состояние экосистем; если, конечно, такое возможно, так как зачастую мы имеем дело уже с нарушенными территориями. Затем, можно попытаться найти аналоги, которые помогут предсказать картину будущего. После чего разрабатывается, собственно, прогноз цепных процессов.

Рассматривая вопрос о возможности использования математического моделирования для прогнозных оценок в столь сложных системах следует учитывать динамику процессов и их трансформацию под воздействием ряда факторов. как правило, не исключается применение расчетов и определение количественных или «полуколичественных» параметров системы. Даже в наше время, при высокой производительности компьютеров, корректность многих математических моделей в экологии (гидроэкологии) вызывает целый ряд вопросов. С нашей точки зрения, сравнительный подход и анализ связей («цепных реакций») служит первым этапом, позволяющим перейти к математическому моделированию, составляя как «локальные» (фрагментарные) модели для каких-то отдельных процессов, так и более «глобальные», включающие в себя компоненты живой и неживой природы.

Для концептуального решения данной задачи, необходимо проведение анализа, при котором устанавливаются связи между объектами (антропогенными, созданными руками человека) и природными компонентами, причем, должны быть выделены как прямые, так и обратные связи. Все связи могут быть или только качественные или же некоторые из них могут быть и количественными. Каждому компоненту присваивается буквенный или цифровой код, например: I – источники воздействия, Б – природные компоненты, 2 – сведение леса с затопляемых территорий и т.д. Далее компоненты сводятся в таблицы или в схемы с изображениями взаимного влияния [3,4].

Представляется очевидным, что столь сложное математическое моделирование может быть реализовано с использованием искусственных нейронных сетей, а в ближайшей перспективе – с созданием искусственного интеллекта.

Первые шаги в данном направлении были предприняты нами ранее [5]. Было показано, что сеть типа перцепрон пригодна для решения ряда гидроэкологических задач, а также для распознавания русловых форм. Были выбраны функции активации в нейронах, показана возможность работы несложных нейронных сетей и сформулированы принципы определения архитектуры ИНС при создании искусственного интеллекта для гидрогеоэкологической оценки техногенного воздействия на речные экосистемы.

В дальнейшем следует осуществить еще ряд шагов в данном направлении, а именно:

- сформулировать более широкий круг задач в области гидроэкологии и эксплуатации водных путей;
- определить возможные пути их решения с помощью искусственного интеллекта;
- выработать критерии подбора и определения оптимального вида нейронных сетей для решения определенной задачи (или найти общий оптимальный тип).

Предпринятые исследования, на наш взгляд, позволят создать полноценно функционирующий искусственный интеллект для решения технических проблем, стоящих перед отраслью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информационный портал 15-й регион: [Электронный ресурс]. URL: <https://region15.ru/prezident-rossii-zayavil-o-planah-po-ozdorovleniyu-reki-terek>. (дата обращения 05.04.2023).
2. Информационный портал ТАСС: [Электронный ресурс]. URL: <https://tass.ru/obschestvo/17352113>. (дата обращения 05.04.2023).
3. Бик Ю.И., Бучельников М.А., Кофеева В.Н., Бобыльская В.А. Оценка техногенной нагрузки по интенсивности дноуглубительных работ на перекатных участках реки Обь // Научные проблемы водного транспорта/Russian Journal of Water Transport №71 (2), 2022 С.213-224 DOI: 10.37890/jwt.vi71.265.
4. Buchelnikov M., Bik Y, Kofeeva V. Environmental assessment of the estimated dredging volumes on the Ob River // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 937 (2021) 022042 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/937/2/022042.
5. Бучельников М.А., Бик Ю.И., Бобыльская В.А. Применение искусственных нейронных сетей для оценки воздействия дноуглубительных работ на речные экосистемы // Материалы II Международного научно-промышленного форума Транспорт. Горизонты развития 7 – 10 июня 2022 г., Нижний Новгород, (2) 2022 г. - С. 1- 4.

REFERENCES

1. Information portal of the 15th region: [Electronic resource]. URL: <https://region15.ru/prezident-rossii-zayavil-o-planah-po-ozdorovleniyu-reki-terek>. (accessed 05.04.2023).
2. TASS Information Portal: [Electronic resource]. URL: <https://tass.ru/obschestvo/17352113>. (accessed 05.04.2023).
3. Bik Yu.I., Buchelnikov M.A., Kofeeva V.N., Bobyl'skaya V.A. Assessment of technogenic load by intensity of bottom-deepening works on rolling sections of the Ob River // Scientific problems of water Transport/Russian Journal of Water Transport No.71 (2), 2022 pp.213-224 DOI: 10.37890/jwt.vi71.265.
4. Buchelnikov M., Bik Y, Kofeeva V. Environmental assessment of the estimated dredging volumes on the Ob River // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 937 (2021) 022042 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/937/2/022042.
5. Buchelnikov M.A., Bik Yu.I., Bobyl'skaya V.A. Application of artificial neural networks to assess the impact of dredging on river ecosystems // Materials II International Scientific and Industrial Forum Transport. Development horizons June 7 – 10, 2022, Nizhny Novgorod, (2) 2022 - pp. 1-4.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Экологическое воздействие, гидрологические и гидробиологические расчеты, природные и техногенные факторы, антропогенное влияние, искусственный интеллект.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Бучельников Михаил Александрович, кандидат биологических наук, доцент кафедры «СПКиОВР» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Кофеева Вера Николаевна, старший преподаватель кафедры «СПКиОВР» ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СООТНОШЕНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПОЛЬЗЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА В СЛЕДСТВИЕ ОБЪЕДИНЕНИЯ ОБЬ-ИРТЫШСКОГО И ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ВОДНЫХ БАССЕЙНОВ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Е.А. Черняев

### RETROSPECTIVE ANALYSIS AND ASSESSMENT OF THE RATIO OF ECONOMIC BENEFITS AND ENVIRONMENTAL RISK DUE TO THE CONNECTION OF THE OB-IRTYSH AND VOLGA-KAMA WATER BASINS

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

E.A. Chernyaev (Postgraduate student of SSUWT)

**ABSTRACT:** The article analyzes retrospective of the possibility of creating a Trans-Ural inland waterway was carried out, an assessment of environmental and economic risks was given based on the use of SWOT analysis.

**Keywords:** Trans-Ural waterway, Iset project, connection of water basins.

В настоящей публикации проведен ретроспективный анализ возможности создания трансуральского внутреннего водного пути, на основании применения SWOT-анализа приведена оценка эколого-экономических рисков.

Внутренние водные пути являются уникальным богатством нашей страны. Сеть внутренних водных путей, обеспечивающая потребность водного транспорта, и открытые выходы в морские бассейны делают водный транспорт важной частью транспортной системы не только Российской Федерации, но и международного уровня. По тоннажу российский торговый флот входит в ТОП-10, но по техническому состоянию на сегодня большая часть судов не может заходить в иностранные порты. Исторический фактор обусловил концентрацию основной доли морского транспорта бывшего СССР в крупных портах Азовского, Черного и Балтийского

морей, что проявило угнетение отрасли в период, когда крупные порты этих морей частично перешли под юрисдикцию иностранных государств.

На уровне транспортных систем речных бассейнов вот уже почти 300 лет эпизодически возникают идеи создания непрерывного водного пути между Европой и Азией.

Ретроспективный анализ позволил выделить несколько этапов развития этого проекта. В 1770 году российский академик Паллас, путешествуя по Уралу, заявил о возможности постройки канала, соединяющего приток Камы – реку Чусовую с притоком Тобола – Исетью. По иным данным Исетский проект был впервые предложен в 1797 году генерал-Майором О.И. Новицким, который предложил соединить два крупнейших водных тракта системой шлюзов и каналов. Особую сложность сейчас, как и тогда представляла организация шлюзовой системы через Урал. Инициатива горячо поддержана владельцами Ревдинских заводов, которых привлекла перспектива получения под контроль будущих главных торговых путей между европейской и азиатской частями Российской Империи.

В 1815 году попытка обоснования строительства канала между Чусовой и Исетью была инициирована правлением Яковлевских заводов. Проект предполагал прокладку восьмиклометрового канала и сооружение более 100 большемерных шлюзов. Протяженность соединительной системы предлагалась в 1,5 тысячи километров от Перми до Тобольска. Произведённые изыскания, разработка технического проекта и запрос государственной субсидии на постройку судоходного канала заняли около года, но результатом этих работ явилась только схематическая карта без проведения точной нивелировки местности с учетом разницы в уровнях рек. При проектировании выяснилось, что судоходство по этой искусственной системе потребует регулярных дорогостоящих дноуглубительных и гидротехнических работ, поэтому в ходе жесткой общественной критики реализация проекта была остановлена на стадии технико-экономических изысканий.

Возвращение к данному проекту произошло в 1876 году, когда съезд уральских судопромышленников рассмотрел вопрос улучшения судоходства реки Чусовой и пришел к заключению о необходимости устройства искусственного запаса водосброса в водохранилищах, которые обеспечивали бы водой реку Чусовую во время сплава судов. Исследование и нивелировка реки Чусовой от моста Пермь-Тюменской железной дороги до Ревды были произведено в 1876 году под руководством инженера В.М. Лохтина.

В начале XX века к проекту снова вернулись, начав гидрологические изыскания. Экспедиция инженера А. И. Фидмана предложила проект, предусматривающий постройку 117 шлюзов, 97 плотин и двух водохранилищ. Однако, Первая мировая война и Октябрьская революция снова заставили отложить этот проект. [1, 2]

Следующий виток истории проекта строительства сквозного трансуральского водного пути относится уже к периоду И.В. Сталина. Планом II Пятилетки предполагалось зарегулировать течение Чусовой каскадом водохранилищ и ГЭС. Первым каскадом стал Камский, а в верховье реки было сооружено водохранилище. Далее идея создания единого водного пути была оттеснена развитием сети автомобильных и железных дорог.

Уровень реализации национальных проектов. в частности, рассматриваемый в настоящей статье на основании современного развития техники и с учетом глобальных изменений, как на уровне регионов страны, так и в макроэкономическом масштабе показывает, что в ближайшей перспективе высока вероятность возрождения актуальности вопроса реализации исетского проекта.

Для перспективной оценки изменений водных ресурсов необходимо учитывать следующие основные особенности. Нестандартная климатическая ситуация, начиная с 70-х годов прошлого века отрицательно сказалась на стоке рек и это необходимо принимать во внимание при оценке перспективы. Кардинальные изменения социально-экономической и геополитической ситуации в стране привели к резкому падению уровня производства, в том числе и водоемкого – сельскохозяйственного. Произошло резкое сокращение численности населения в России [3].

Для комплексной оценки степени актуальности реализации идеи трансуральского пути на сегодня был проведен SWOT-анализ (таблица 1). Данный инструмент, часто применяемый в экономике, используется при оценке инвестиционной привлекательности предпринимательских проектов [4]. В нашем случае применение данного метода связано с его универсальным характером и системным подходом при сравнении количественных и качественных критериев. Противоборство экономических и экологических факторов было сведено в

интегрированный показатель – численность населения на единицу площади территории водного бассейна. Данный критерий позволяет количественно оценить нагрузку на экосистему водоемов, исходя их экономической и хозяйственно-бытовой деятельности. Расчеты показали, что на сегодня на территории Волжско-Камского бассейна эколого-экономическая нагрузка составляет 7,4 чел/км<sup>2</sup>, а на территории Обь-Иртышского – 4,5 чел/км<sup>2</sup>. Объединение водных бассейнов распределит нагрузку и составит в среднем 6,0 чел/км<sup>2</sup>

Таблица 1 – SWOT-анализ Исетского проекта в современных условиях

СИЛЬНЫЕ СТОРОНЫ	СЛАБЫЕ СТОРОНЫ
<ul style="list-style-type: none"> <li>– водно-ресурсный потенциал;</li> <li>– развитая инфраструктура задействованных регионов;</li> <li>– сформированная система управления на федеральном уровне;</li> <li>– развитая инфраструктура водохозяйственного комплекса, в том числе в сфере защиты негативного воздействия вод;</li> <li>– действующий программный подход в сфере защиты окружающей среды и гидросферы;</li> <li>– сопряженный эффект от реализации инвестиционных проектов в сфере межведомственного взаимодействия.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– неравномерность заселения территории, и вследствие этого разный уровень экологической нагрузки;</li> <li>– большое число гидротехнических сооружений еще советской постройки;</li> <li>– отличия в финансировании и особенностях хозяйствования на уровне регионов.</li> </ul>
ВОЗМОЖНОСТИ	РИСКИ
<ul style="list-style-type: none"> <li>– уменьшение нагрузки на железнодорожный транспорт;</li> <li>– создание новых инвестиционно привлекательных проектов в сфере водного транспорта;</li> <li>– внедрение новых видов транспорта, основанных на новых физических принципах.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– невозможность учета направлений миграции гидробионтов;</li> <li>– вследствие разного уровня экологической нагрузки на водные бассейны риск переноса загрязняющих веществ в Обь-Иртышский бассейн;</li> <li>– невозможность создания единого водного тракта из-за особого статуса отдельных территорий бассейнов.</li> </ul>

Таким образом, ретроспективный анализ показывает, что во все времена во главу угла ставились экономические интересы. Оптимальный баланс экологии и экономики становится возможным только сейчас, когда в России существует обоснованная система рационального природопользования. Сопряженный анализ экономической пользы и экологического риска при объединении водных бассейнов позволяет дать теоретическое обоснование для следующего немаловажного этапа – моделирования и оценки эффективности результата проекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большаков В.Н. К истории Обь-Енисейского водного пути (начало XX в.) // Вестник Томского государственного университета, 2007. - № 295. – С. 105 – 110.
2. Исторический опыт освоения Западной Сибири / Тематический сборник статей. – Томск, 1994. – 162 с.
3. Исмаилов Г.Х., Муращенкова Н.В. Ретроспективный анализ и оценка изменчивости поверхностных водных ресурсов рек Москворецкой водохозяйственной системы / Г.Х. Исмаилов, Н.В.Муращенкова // Природообустройство, 2018. - № 3. – С. 15-23.
4. Крутикова К.В., Шевчук А. В. SWOT-анализ системы управления водными ресурсами. / К.В.Крутикова, А. В.Шевчук // Водное хозяйство России, 2019. - № 4. – С. 57-70.

REFERENCES

1. Bolshakov V.N. On the history of the Ob-Yenisei Waterway (the beginning of the XX century) // Bulletin of Tomsk State University, 2007. - №. 295. – pp. 105-110.
2. Historical experience of the development of Western Siberia / Thematic collection of articles. – Tomsk, 1994. – 162 p.
3. Ismayilov G.H., Murashenkova N.V. Retrospective analysis and assessment of variability of surface water resources of rivers of the Moskvoretsky water management system / G.H. Ismayilov, N.V.Murashenkova // Nature management, 2018. - №. 3. – pp. 15-23.
4. Krutikova K.V., Shevchuk A.V. SWOT analysis of the system Water resources management. / K.V.Krutikova, A.V.Shevchuk // Water economy of Russia, 2019. - №. 4. – pp. 57-70.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*Трансуральский водный путь, исетский проект, соединение водных бассейнов.*

*Черняев Евгений Александрович, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ФОРМИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ТОЧНОГО ВЕДЕНИЯ СУДНА ПО ВИРТУАЛЬНЫМ СРЕДСТВАМ НАВИГАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**В.И. Сичкарёв, В.С. Почтова****FORMATION OF CONDITIONS FOR ACCURATE NAVIGATION OF THE VESSEL BY VIRTUAL MEANS OF NAVIGATION EQUIPMENT**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**V.I. Sichkarev** (Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Navigation of SSUWT)**V.S. Pochtova** (Student of SSUWT)

**ABSTRACT:** A method is proposed for determining the position of the vessel relative to the rotary buoy at the time of the beginning of the turn, which minimizes the traffic lane occupied by the vessel. It is proposed to supplement the information about the trajectory of the center of gravity of the vessel during circulation with information about the trajectory of the extremities of the vessel and the position of the diametrical plane of the vessel at characteristic moments of circulation.

**Keywords:** Circulation of the center of gravity of the vessel, trajectory of the extremities of the vessel, addition of the table of maneuverable elements, situations of limitation of water space.

Предложен способ определения положения судна относительно поворотного буя на момент начала поворота, обеспечивающий минимизацию занимаемой судном полосы движения. Предложено дополнить информацию о траектории центра тяжести судна при циркуляции информацией о траектории оконечностей судна и положением диаметральной плоскости судна в характерные моменты циркуляции.

Одно из предложений по внедрению цифровизации на внутренних водных путях (ВВП) заключается в широком применении виртуальных средств навигационного оборудования (ВНО) судового хода, [1], когда виртуальные знаки, например, буи, могут наблюдаться судоводителем только на экране автоматизированной информационной системы (АИС) или на экранах сопряжённых с АИС электронных картах, радиолокаторах, но не визуально. Для судоводителей это предложение трансформируется в проверку умения поворота вокруг виртуального буя (ВБ), имея в качестве информационного обеспечения штатную таблицу маневренных элементов с кривой циркуляции судна при заданном угле перекладки руля. Дополнительным ограничением принято условие минимизации занимаемой судном полосы движения вблизи ВБ.

Использование виртуальных средств навигационного обеспечения на ВВП в настоящее время доступно в основном на навигационных тренажёрах, поэтому исследование поставленной задачи проведено на навигационном тренажёре МАРИБС в СГУВТ. В качестве ВБ выбрано небольшое судно, поставленное неподвижно в фиксированной точке.

Поставлена задача обхода ВБ на минимальном расстоянии от него по всей траектории движения. Принято, что судно управляется в автоматическом режиме, следовательно, необходимо подобрать только момент задания нового направления движения после обхода ВБ.

Для подбора момента времени задания нового курса из существующего судоводительского инструментария имеется только таблица маневренных элементов, в которой проставлено время, необходимое для поворота судна на углы, кратные  $90^\circ$ .

В первом варианте действий при заданной скорости судна рассчитано время начала манёвра при планировании поворота на  $90^\circ$  и прохождении ВБ на расстоянии, равном ширине судна. Реализация этого манёвра привела к навалу на ВБ.

Во втором варианте действий рассчитано расстояние до ВБ на момент задания авторулевому нового курса, исходя из заданного в таблице маневренных элементов графика поворотливости судна при перекладке руля на полборта. Реализация этого манёвра также не привела к прохождению ВБ на минимальном расстоянии, равном ширине судна.

В итоге, несколько попыток обхода ВБ на минимальном расстоянии при ведении судна в автоматическом режиме, с выбором начала задания нового курса (после поворота) по диаграмме циркуляции из таблицы маневренных элементов, к минимизации занимаемого судном пространства не привели, рисунке 1.

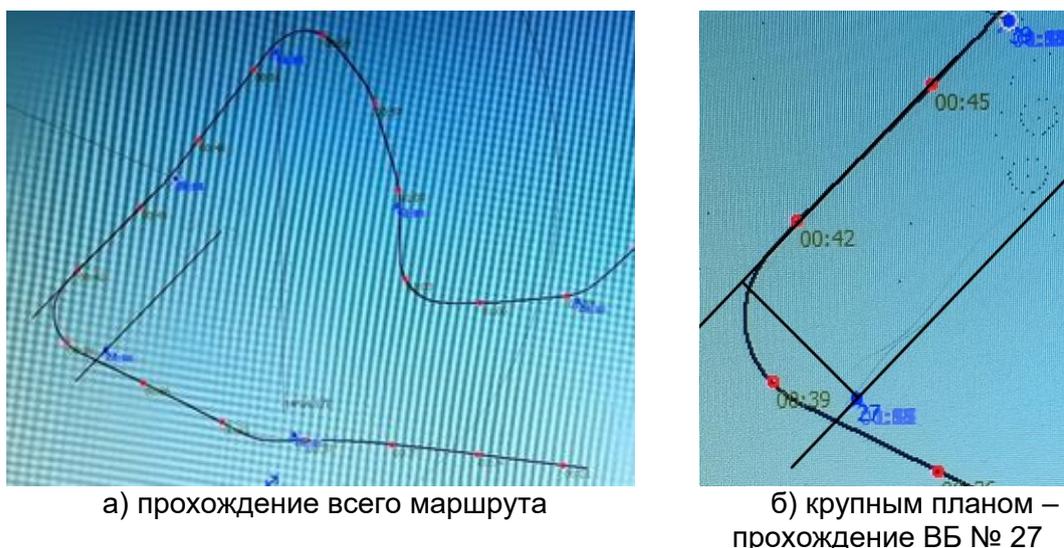


Рисунок 1 – Траектория обхода ВБ в режиме авторулевого с выбором начала манёвра по диаграмме циркуляции из таблицы маневренных элементов: синие точки – ВБ маршрута; красные точки – отдельные положения судна на его треке

В связи с этим потребовалось разработать новую схему эксперимента для выявления критически важных факторов, влияющих на точность ведения судна в режиме маневрирования. Дополнительно потребовалось изыскать способ компенсировать отсутствие в тренажёре МАРИБС функции воспроизведения трека с положением корпуса судна или его диаметральной плоскости в каждый момент времени на треке в процессе поворота на циркуляции.

Новая схема предусматривала ручной режим перекладки руля; перекладку руля на полный борт (на 30° п/б); движение судна полным передним ходом; выполнение циркуляции не вокруг, а вблизи ВБ как точки-уровнителя, относительно которой фиксировалось мгновенное положение судна для последующего анализа; фиксацию положения диаметральной плоскости судна относительно вектора мгновенной скорости; фиксацию размера судна на кривой трека.

Ввиду отсутствия в тренажёре при воспроизведении трека необходимой функции указания положения корпуса, произведена видеосъёмка процесса выполнения манёвра на экране инструктора.

Последующая обработка видеосъёмки с фиксацией положения ДП судна через каждые 10 секунд выявила следующую картину, рисунок 2.

Эксперимент позволил установить значение изменяющихся углов дрейфа  $\alpha(t)$  в процессе выполнения манёвра. В эволюционном периоде циркуляции математическая модель судна на тренажёре изменяет угол дрейфа от 0° до 40° за 80 с и далее угол дрейфа остаётся постоянным. Соответственно изменяется ширина занимаемой полосы движения судна в сторону поворота на величину  $\Delta y(t) = \frac{L}{2} \sin \alpha(t)$  в точке  $\Delta x(t) = \frac{L}{2} \cos \alpha(t)$  впереди центра тяжести судна, где  $L$  – длина судна.

Прорисованная кривая положения оконечностей судна в дополнение к кривой положения центра тяжести судна позволяет решать практические задачи минимизации занимаемого судном пространства судового хода.

При этом возможны различные ситуации, где ширина судового хода:

- 1) до ВБ меньше, чем за ВБ;
- 2) до ВБ больше, чем за ВБ;
- 3) примерно одинакова;
- 4) не лимитирована.

Соответственно этому при повороте на угол около 90°, рисунок 3:

- в первой ситуации можно проходить непосредственно рядом с ВБ;
- во второй ситуации ВБ необходимо держать на траверзном расстоянии, равном радиусу  $R$  циркуляции;
- в третьей ситуации траверзное расстояние до ВБ должно быть примерно  $R/2$ ;

– в четвёртой ситуации ВБ необходимо держать на траверсном расстоянии, большем радиуса  $R$  циркуляции.

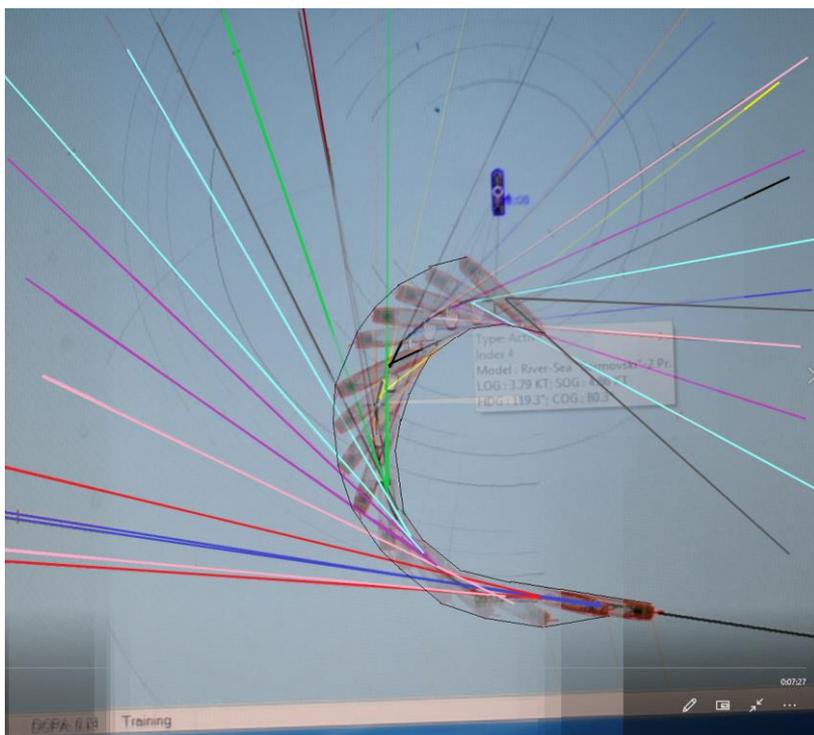


Рисунок 2 – Совмещение положений корпуса судна на кривой трека центра тяжести судна через каждые 10 секунд времени манёвра

При иных углах поворота и иных углах перекаладки руля кривая положения оконечностей, построенная аналогичным способом, позволяет спланировать необходимое расположение судна на момент начала манёвра. Совершенно очевидно, что для этого должны быть проведены соответствующие натурные исследования поворотливости судна либо разработана адекватная математическая модель изменения во времени угла дрейфа судна в процессе выполнения циркуляции.

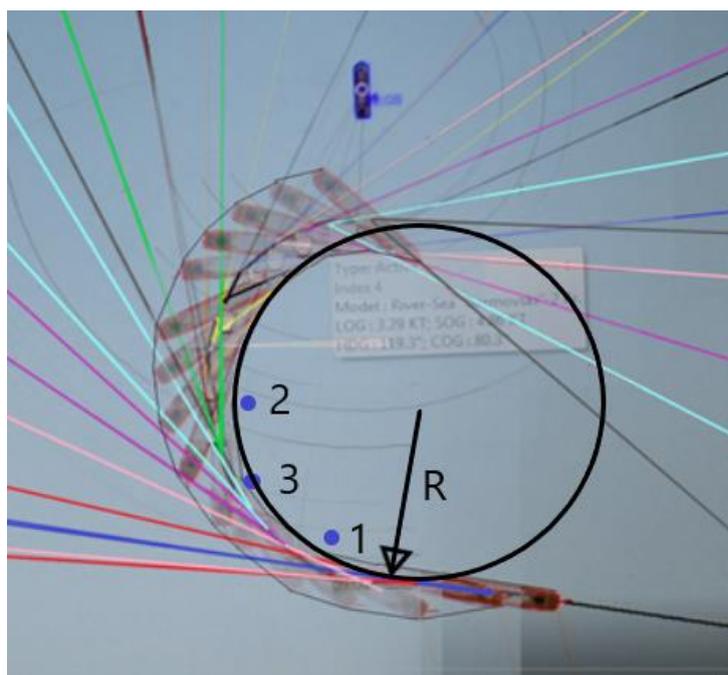


Рисунок 3 – Расположение судна относительно ВБ в различных ситуациях

В практике судоходства как на внутренних водных путях, так и на морских путях встречаются случаи навала судов на плавучие знаки навигационного оборудования. Это свидетельствует о том, что расчёт манёвра с учётом занимаемой судном полосы движения при выполнении поворота не всегда выполняется, возможно, по причине отсутствия нужной информации, содержащейся в стандартной таблице маневренных элементов, приведённой в действующем документе [2]. А это уже недостаток существующей штатной таблицы маневренных элементов, в которой приводится только кривая траектории центра тяжести судна при циркуляции. При достаточном водном пространстве этой информации вполне хватает для реализации манёвра. Но в случае ограниченности пространства было бы желательно дополнительно к траектории центра тяжести судна иметь траектории оконечностей судна с прорисовкой положения диаметральной плоскости судна по крайней мере в нескольких характерных позициях диаграммы циркуляции.

В свою очередь, реализация этого предложения потребует изменения нормативных документов, регламентирующих содержание и форму представления таблицы маневренных элементов судна.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Бало Е.А. Новые функции АИС на внутренних водных путях / Е.А.Бало, В.Н.Мякишев, В.И.Сичкарёв, Ю.В.Хохлов, В.А.Черноиван // Речной транспорт (XXI век), № 4 (84), 2017. – С. 28 – 30.
2. Рекомендации по организации штурманской службы на судах Минморфлота СССР (РШС-89). – М.: В/О «Мортехинформреклама», 1990. – 64 с.

**REFERENCES**

1. Balo E.A. New AIS functions on inland waterways / E.A.Balo, V.N.Myakishev, V.I.Sichkarev, Yu.V.Khokhlov, V.A.Chernoivan // River transport (XXI century), № 4 (84), 2017. – P. 28 – 30.
2. Recommendations on organizations of navigational service on ships of the USSR Ministry of Marine Fleet (RSHS-89). – M.: V/O "Mortehinformreklama", 1990. – 64 p.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*Циркуляция центра тяжести судна, траектория оконечностей судна, дополнение таблицы маневренных элементов, ситуации ограничения водного пространства.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Сичкарёв Виктор Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры «Судо-вождения» ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*Почтова Виктория Сергеевна, студент ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

---

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПЕРАТОРА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ МАШИНЫ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

С.В. Викулов, Л.В. Пахомова

## SIMULATION OF AN ENEGETIC MACHINE OPERATOR

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

S.V. Vikulov (Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of «Physics, Chemistry and Engineering Graphics» of SSUWT)

L.V. Pakhomova (Ph. D. of Technical Sciences, Head of the Department of "Resistance of Materials and Lifting and Transport Machines" of SSUWT)

**ABSTRACT:** In the work for the simulation of the operator of the energy machine the finite element method is used, which is realized in the program of course element analysis APM Structure3D. The calculation and analysis of the shapes and frequencies of oscillations has been carried out. It is shown that the intensity of each type of formation depends on the spectrum of forcing frequencies.

**Keywords:** *Vibration protection, elastic patterns, model, program, waveform, frequency spectrum.*

В работе для моделирования оператора энергетической машины использован метод конечных элементов, реализованный в программе конечно-элементного анализа APM Structure3D. Проведен расчет и анализ форм и частот колебаний. Показано, что интенсивность каждой формы колебаний зависит от спектра вынуждающих частот.

Как показывает история развития систем виброзащиты, наиболее эффективным методом защиты являются упругие оболочки, наполненные газом или жидкостью. Свойства оболочки должны быть определены так, чтобы поведение модели отражало динамическое поведение реального объекта защиты [1].

Повышение качества научных исследований можно обеспечить за счет использования компьютерных технологий. Наиболее эффективным приближенным методом решения сложных задач напряженно-деформированного состояния моделей является метод конечных элементов [2]. Для полноценного конечно-элементного анализа необходимо:

- выбрать тип элемента;
- провести разбиение модели на элементы;
- выполнить вычисления;
- интерпретировать полученные результаты.

Этим требованиям вполне отвечает отечественная программа, разработанная в НТЦ АПМ. Программа конечно-элементного анализа APM Structure3D имеет ряд преимуществ перед полномасштабными пакетами такого рода. Можно отметить низкую стоимость, совместимость с программой КОМПАС-3D, простой интерфейс и короткое время обучения.

Особенность программы состоит в её ориентированности на прочные конструкционные материалы. При расчете биологических объектов, прочность которых в сотни раз ниже, а модуль упругости в сотни тысяч раз ниже возникают проблемы внутри программы. Это может быть ошибка в матрицах жесткости и массы.

Воспользуемся динамическим подобием геометрически подобных систем для устранения этой трудности. Пусть имеем два одинаковых по размерам тела с различными свойствами. При прочих равных условиях увеличение плотности материала снижает собственную частоту, а увеличение модуля упругости повышает частоту [3].

Для пересчета можно использовать формулу

$$\omega = \omega_{Fe} \sqrt{\frac{E \rho_{Fe}}{E_{Fe} \rho}}, \quad (1)$$

где  $\omega_{Fe}$  – частота, полученная при численном моделировании;

$E = 144000$  Па – модуль упругости оператора в целом;

$\rho_{Fe} = 7800$  кг/м<sup>3</sup> – плотность материала принятая в Structure3D;

$E_{Fe} = 2 \cdot 10^{11}$  Па – модуль упругости материала принятый в Structure3D;

$\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup> – плотность материала оператора.

Подставив числа, получим удобную формулу

$$\omega = 0,00237 \cdot \omega_{Fe} \quad (2)$$

Для тестирования программы рассмотрим задачу, которую можно решить методом Рэлея, подтвержденным с высокой точностью в ряде экспериментов. Пусть стальная пролетная балка с размерами 10x40x200 мм установленная шарнирно испытывает поперечные колебания. Квадрат частоты первого тона определится по формуле

$$\lambda^2 = \frac{EI\pi^4}{ml^4} = \frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 0,04 \cdot 0,01^3 \cdot 97,41}{12 \cdot 7800 \cdot 0,01 \cdot 0,04 \cdot 0,2^4} = 13700000 \text{ с}^{-2} \quad (3)$$

Частота первого тона  $\lambda = 3700 \text{ с}^{-1} = 589 \text{ Гц}$

Построим модель балки в программе КОМПАС-3D (рисунок.1).

Проведем подготовку модели в подпрограмме APM Studio (рисунок 2). По умолчанию в программе используется сталь, как и в нашем примере. Закрепляем концы балки по ребрам 40 мм. Разбиваем модель на элементы так, чтобы наименьший размер содержал не менее трех элементов. Следует учитывать, что время расчета нелинейно (приблизительно как вторая степень) зависит от числа элементов.

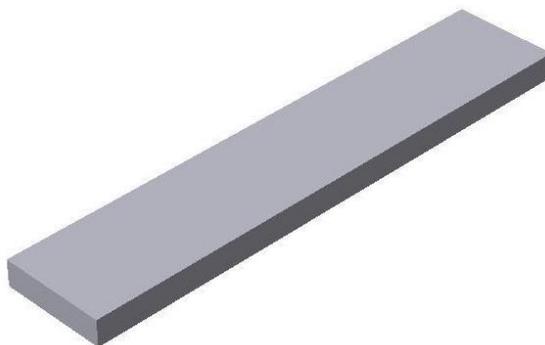


Рисунок 1 – Трехмерная твердотельная модель балки

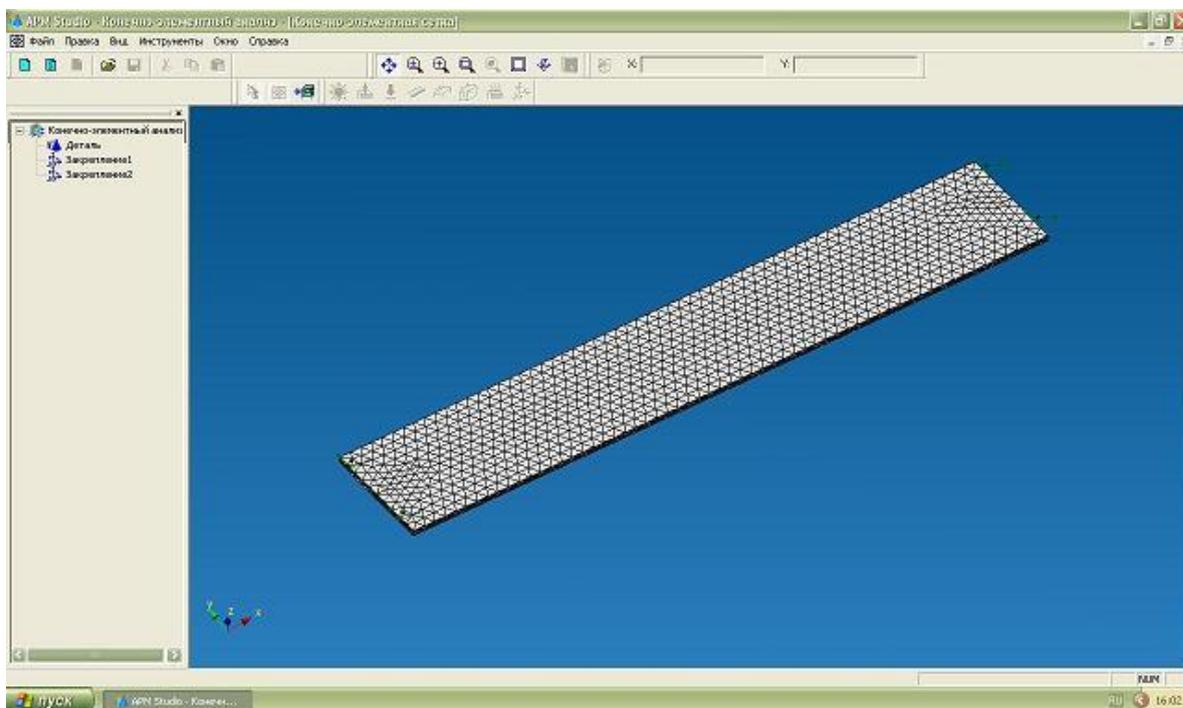


Рисунок 2 – Закрепление концов модели и разбивка на элементы

Подготовленную модель передаем в программу APM Structure3D и выбираем параметры расчета. Программа выполняет различные расчеты и по умолчанию вычисляет 16 собственных частот и форм. В данной задаче для сокращения времени целесообразно рассчитать только первую частоту. Результаты выводятся в виде таблицы (рисунок.3).

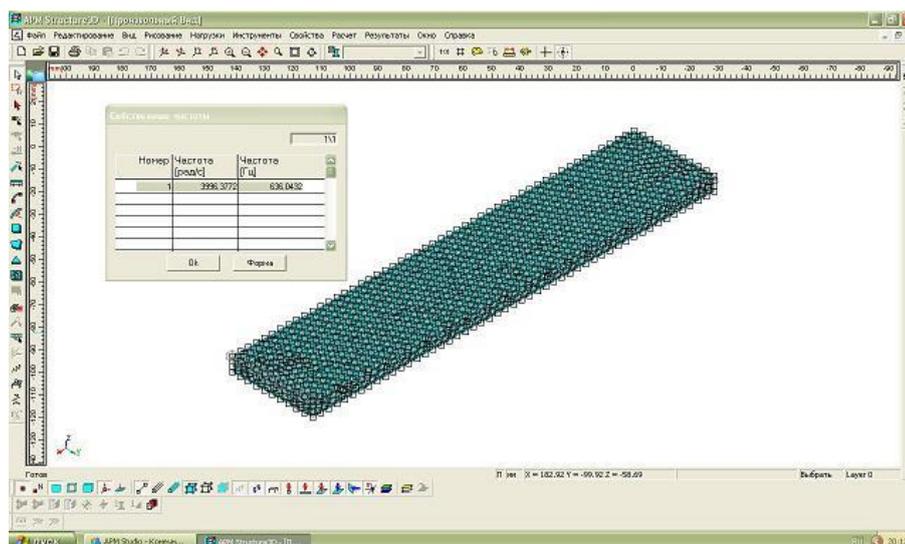


Рисунок 3 – Таблица частот

Полученная частота равна 636 Гц, что на 7% превышает истинное значение. Здесь следует выбрать следующую тактику: увеличение числа элементов повышает точность, но резко увеличивает время расчета. Применение быстрого персонального компьютера решает задачу только отчасти. Достаточно эффективно увеличение оперативной памяти до 10 Гбайт. В целом можно оценить проведенный численный эксперимент на «хорошо».

Форма колебаний для первой частоты также соответствует классическим представлениям (рисунок.4).

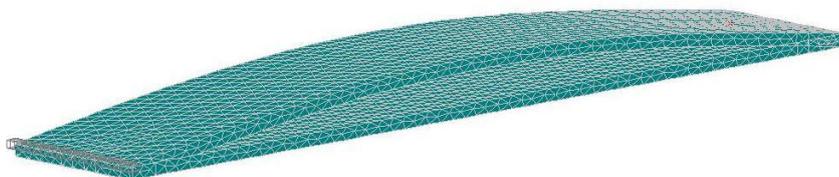


Рисунок 4 – Первая форма тонкой балки

Проблема выбора размера элемента для моделей с близкими размерами по трем направлениям не так остра, что позволяет получать достаточно точные результаты за обозримое время счета.

Поставим задачу моделирования оператора энергетической машины в следующем виде. Спектры модели и реального объекта должны быть по возможности близки. При этом задачу можно решить минимум двумя путями. В первом случае можно пытаться исследовать простейшую форму, например, эллипсоид вращения и подобрать его пропорции соответствующим образом. При этом трудно надеяться получить более двух-трех совпадающих частот. Во втором случае создается антропоморфный объект, свойства которого уже достаточно близки к реальному объекту и позволяют получить три – четыре собственные частоты.

Рассмотрим оба пути для того, чтобы выбрать оптимальный вариант по затратам времени. Для этого используем полученные во второй главе методы построения модели в форме эллипсоида вращения. Критерием для выбора размеров модели будет масса, которая должна быть для сидящего оператора около 5/7 от полной массы. В абсолютном выражении это 50 кг. Поскольку материал модели отличается от материала оператора, для пересчета используем коэффициент, найденный из отношения плотностей. В наших задачах этот коэффициент равен 7,8.

Для передачи вибрации используется ребро или плоскость, поэтому делаем небольшой срез в нижней части модели (рисунок 5).

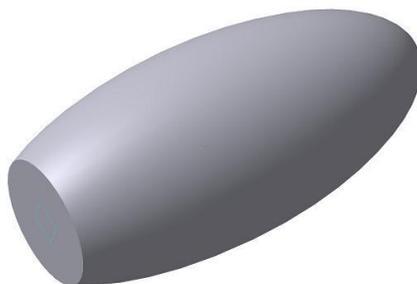


Рисунок 5 – Твёрдотельная модель оператора

Масса модели определяется в программе КОМПАС-3D. Пробные расчеты позволили выбрать шаг разбивки, при котором время расчета не превышает 13 минут. Разбивка модели на элементы приведена на рисунке 6.

Обнаружилось также известное из классических исследований наличие одинаковых смежных частот имеющих ортогональные формы колебаний. Это привело к необходимости увеличить количество расчетных частот до 16 [1]. Проведенные расчеты показали следующие результаты (таблица 1).

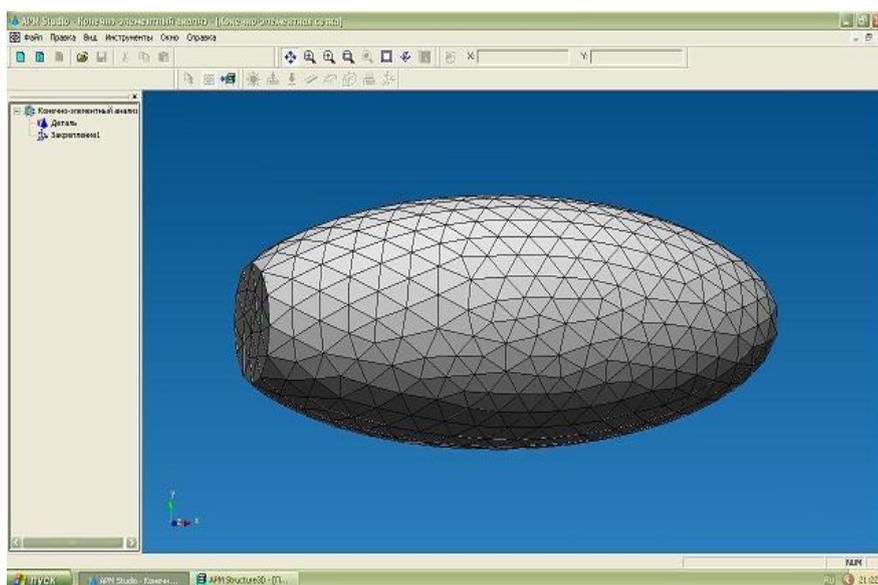
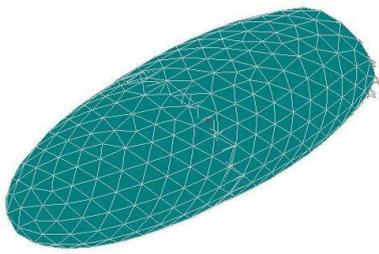
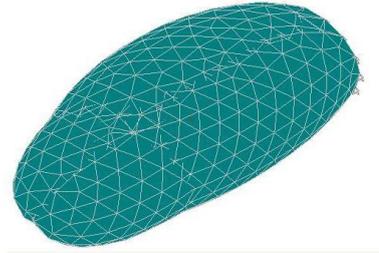
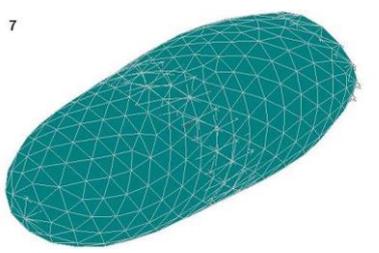
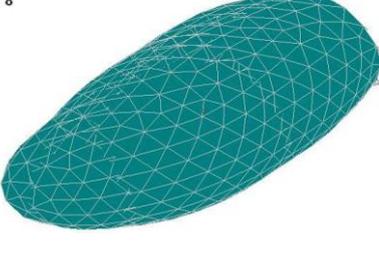
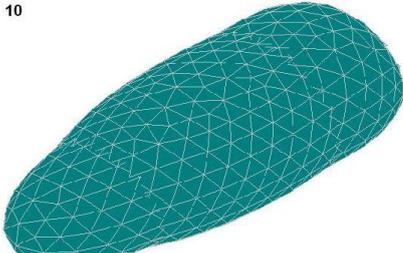
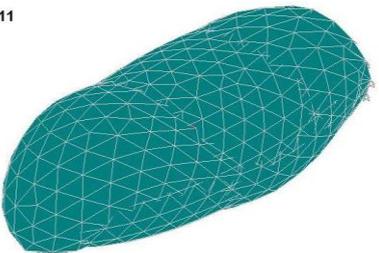


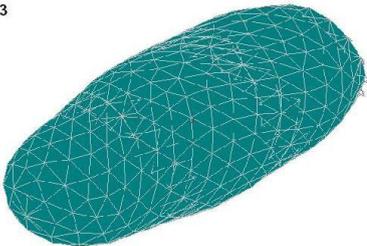
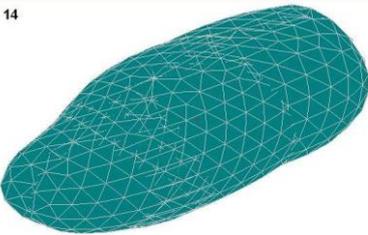
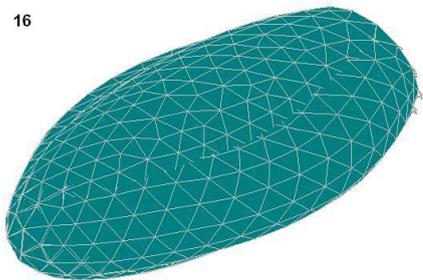
Рисунок 6 – Конечные элементы модели оператора

Таблица 1 – Формы и частоты колебаний модели оператора

№	$f_{Fe}$	$f_n$	Форма колебаний
1	423	1	<div style="text-align: center;">1</div>
2	424	1	
3	1171	2,77	<div style="text-align: center;">3</div>

## HEAT POWER INDUSTRY

№	$f_{Fe}$	$f_n$	Форма колебаний
4	1941	4,6	4 
5	2032	4,8	5 
6	2034	4,8	
7	4077	9,66	7 
8	4355	10,32	8 
9	4358	10,33	
10	5694	13,5	10 
11	6322	14,98	11 
12	6323	15	

№	$f_{Fe}$	$f_n$	Форма колебаний
13	6574	15,6	13 
14	7145	16,93	14 
15	7149	16,94	
16	7518	17,8	16 

Анализ форм колебаний показал следующее:

- первая и вторая частота соответствуют раскачиванию модели как целого на основании.
  - третья частота соответствует поворотным колебаниям вокруг вертикальной оси.
  - четвертая частота соответствуют вертикальным колебаниям одноузловой формы.
  - пятая и шестая частоты возникают как поперечные колебания в сочетании с изгибными колебаниями верхней части.
  - седьмой частоте можно приписать узел в средней части и вертикальные противофазные колебания верха и низа модели.
  - восьмая и девятая частоты содержат сложные с двумя узлами формы в сочетании с изгибом верхней части.
  - на десятой частоте заметны три зоны: нижняя с продольными колебаниями, средняя с изменением формы поперечного сечения и верхняя с продольными колебаниями.
  - одиннадцатая и двенадцатая частоты дают сложную форму с тремя узлами и существенными изгибом верхней части.
  - на тринадцатой частоте заметны три максимума и три узла при общих продольных смещениях.
  - четырнадцатая и пятнадцатая частоты содержат сочетание поперечных колебаний напоминающих восьмерку с узлом в средней части.
  - шестнадцатая частота обнаруживает эллиптическое расширение средней части.
- Полученный результат показывает чрезвычайно сложную картину колебаний. Все колебания проходят одновременно, но интенсивность каждой формы зависит от спектра вынуждающих частот.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барановский А.М. Частотный спектр модели виброзащитного устройства оператора энергетической машины / А.М. Барановский, С.В. Викулов, Л.В. Пахомова, А.К. Зуев // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего востока. –

REFERENCES

1. Baranovskiy A.M. Hour-to-Full spectrum of the model of the vibrate-protective device of the operator of the power machine / A.M. Baranovskiy, S.V. Vikulov, L.V. Pakhomova, A.K. Zuev / On-Scientific Problems of the transport-ta Sibiri and Its far-current

2015. – №3. – С.172-174.

2. Замрий А.А. Проектирование и расчет методом конечных элементов трехмерных конструкций в среде APM Structure3D. – М.: Издательство АПМ. 2006. – 288 с.

3. Вибрации в технике: Справочник в 6-ти томах. /Под ред. В.Н. Челомея - М.: Машиностроение, 1984. – 352 с.

2015. - 3. - P.172-174.

2. Zamriy A.A. Design and calculation of finite elements of three-dimensional structures in the section APM Structure3D. - M.: APM Publishing House. 2006. - 288 p.

3. Vibrations in technology: A handbook in 6 volumes. / Edited by V.N. Chelomey - M.: Mashinostroenie, 1984. – 352 p.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *Виброзащита, упругие оболочки, модель, программа, форма колебаний, спектр частот.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Викулов Станислав Викторович, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Физики, химии и инженерной графики» ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Пахомова Людмила Владимировна, кандидат технических наук, заведующая кафедрой «Сопроотивления материалов и подъемно-транспортных машин» ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## РАСЧЕТ КОМПЕНСАТОРА ВЕСА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**С.В. Викулов, А.Н. Спиридонова**

### CALCULATION OF THE COMPENSATOR FOR THE WEIGHT OF POWER EQUIPMENT

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**S.V. Vikulov** (Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Physics, Chemistry and Engineering Graphics of SSUWT)

**A.N. Spiridonova** (Ph.D. of Technical Sciences Assistant of the Department of Technosphere Security of SSUWT)

**ABSTRACT:** In the work, a dry friction system is used to create a constant friction force. A mathematical study of the weight compensator system based on dry friction forces with constant force in the MathCAD software package has been carried out. Based on the simulation results, it is concluded that the system is in a balanced state under the condition that the difference between the inertia force and the driving force is close to zero. Consequently, the proposed compensator is able to isolate the hull from the vibration of the ship's engine.

**Keywords:** *Vibration isolation, weight compensator, dry friction, numerical simulation, stabilization system.*

В работе для создания постоянной силы трения использована система с сухим трением. Проведено математическое исследование системы компенсатора веса на основе сил сухого трения с постоянным усилием в программном пакете MathCAD. По результатам моделирования сделан вывод, что система находится в уравновешенном состоянии при условии близости к нулю разности силы инерции и вынуждающей силы. Следовательно, предлагаемый компенсатор способен изолировать корпус судна от вибрации судового двигателя.

Традиционные подвески судовых двигателей на основе упругих элементов являются вязкоупругой системой с выраженными резонансами в диапазоне судовой вибрации. Большинство стандартных виброизоляторов, получивших распространение на судах, вызывают резонансные колебания при испытании на массивном фундаменте в пределах от 5 до 23 Гц. В судовых условиях жесткость конструкции фундамента в машинном отделении существенно ниже, что сдвигает диапазон частот до 8-32 Гц.

При конструировании подвесок приходится назначать режимы эксплуатации за пределами резонансов, что возможно только для быстроходных двигателей. Структурный шум, передаваемый через стандартные опоры невозможно устранить, поскольку корпус судна как добротная оболочка является волноводом с низким затуханием. Проблему устранения резонансов возможно решить в подвесках, которые не содержат упругих элементов [1]. Вследствие того, что необходимо скомпенсировать силу тяжести и при этом обеспечить стабильное положение двигателя с большой точностью, необходимо специальное устройство, которое можно назвать компенсатором веса.

Для создания постоянной силы трения будем использовать систему с сухим трением. Рассмотрим быстро вращающийся барабан с прижатой пластиной, передающей силу трения, равную весу ДВС (рисунок 1). Поскольку знак скорости не меняется, сила всегда направлена против веса и равна ему, а колебания источника вибрации не будут передаваться на основание. Если снизить скорость вращения барабана до значений меньших амплитуды скорости вибрации, в некоторых фазах движения знак скорости будет меняться.

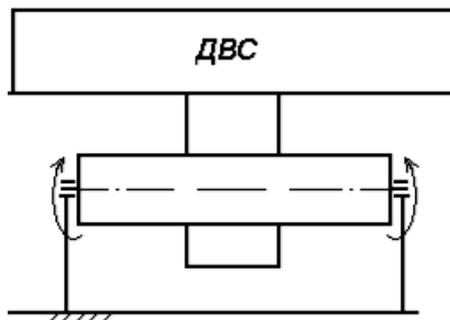


Рисунок 1 – Система с постоянной силой трения между вращающимся барабаном и прижатой пластиной

Таким образом, появляется возможность создания опоры, не содержащей упругих и вязких элементов. В такой опоре сила тяжести должна быть уравновешена противоположной силой, не зависящей от смещения и скорости смещения. Эти два условия являются новыми, поскольку уравнения движения не содержат упругих и вязких сил, а эффективность существенно возрастает, но при этом положение источника вибрации становится неопределенным. Любая малая сила приводит к неограниченным отклонениям энергетического оборудования. Следовательно, необходимо стабилизировать положение источника вибрации без использования упругого элемента.

Предварительный анализ показал три наиболее простых метода создания постоянного усилия: скольжение ползуна по плоской ленте [2], скольжение плоской поверхности по барабану и относительное вращение соосных дисков, прижатых по оси. В первом случае недостатком конструкции является низкая надежность и большие размеры конструкции. Во втором случае недостаток в недостаточном трении и высоком износе контактных поверхностей. Третий случай наиболее перспективный по многим причинам. Укажем на модульность конструкции, позволяющей увеличивать площадь поверхности трения до любой величины. Из этого следует низкое контактное давление. Другое преимущество в получении необходимой силы за счет изменения плеча силы при заданном моменте. Важно также отметить защищенность поверхностей трения корпусом компенсатора.

В основе компенсатора веса лежит конструкция многодисковой фрикционной муфты [3]. Неподвижная полумуфта уравнивает источник вибрации рычагом, установленным на её корпусе. Трехмерная модель представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Неподвижная полумуфта компенсатора веса с рычагом

В отличие от муфты привода, нагруженной чистым моментом, компенсатор дополнительно нагружен силой, которая приложена на расстоянии от оси [4, 5]. Эта сила компенсирует вес оборудования и вычисляется как отношение момента к расстоянию до точки приложения.

Теоретически сила может быть любой при заданном моменте сил трения, но практически это невозможно, поскольку проявляется нелинейность силы от угла поворота при малой длине рычага. Существует и проблема длинного рычага, связанная с появлением поперечных колебаний. Будем опираться на исходный параметр проектирования компенсатора – массу оборудования. В зависимости от количества опор определяется вес на одной опоре. Давление на подшипники компенсатора равно номинальной нагрузке на опору. Следовательно,

момент на валу равен произведению веса на плечо. Этот момент скручивает вал и даёт мощность привода при умножении на скорость вращения. Однако скорость скольжения фрикционных дисков ограничена снизу скоростью вибрации источника колебаний. Составим выражение амплитуды мощности трения в генераторе силы

$$N_f = GV, \quad (1)$$

где  $G$  – вес оборудования на одной опоре, Н;

$V$  – амплитуда скорости вибрации источника, м/с.

Скорость на диске фрикционной муфты может изменяться от нуля в центре до максимума на внешнем крае диска. Проектирование компенсатора веса рекомендуется выполнять в последовательности, указанной на рисунке 3.



Рисунок 3 – Алгоритм проектирования компенсатора веса

Рассмотрим один из вариантов конструктивного выполнения элемента постоянного усилия на основе сухого трения плоских поверхностей (рисунок 4). На рисунке представлена схема, содержащая следующую совокупность существенных признаков:

- преобразователь пространственных колебаний, выполненный в виде вертикального стержня 1, закрепленного нижним трехосным шарниром 2 на корпусе источника механических колебаний 3, а верхним на горизонтальном стержне 4, так что центр удара стержня 1 совпадает с верхним шарниром 2;

- преобразователь плоских колебаний, выполненный в виде горизонтального стержня 4, закрепленного плоским шарниром в центре удара на защищаемом объекте 5;

- фрикционный элемент, выполненный в виде двух сжатых по оси кольцевых поверхностей трения 6 и 7, одна из которых закреплена на валу двигателя, а вторая взаимодействует с ней силами трения, и жёстко связана со стержнем 4 преобразователя механических колебаний.

Компенсатор на основе многодисковой фрикционной муфты существенно меньше по размеру и массе и дальнейшие исследования проводились на нем.

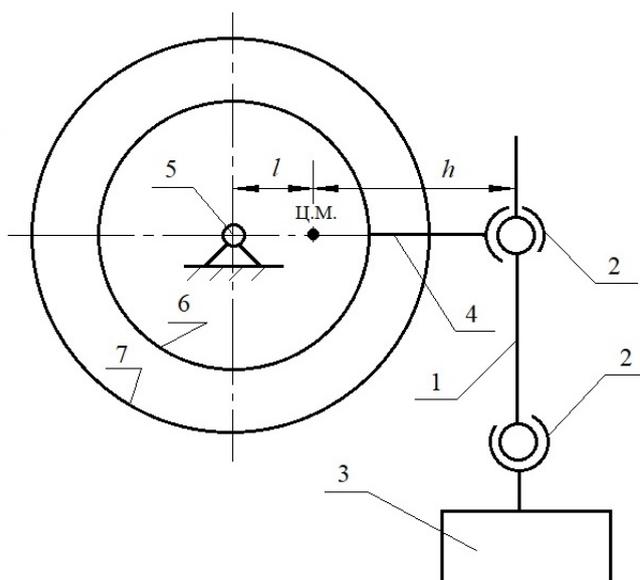


Рисунок 4 – Принципиальная схема компенсатора веса

Выберем полярную систему координат с началом в центре сплошного диска. Дифференциал момента равен

$$dM = 2\pi \cdot r^2 \cdot f \cdot p \cdot dr, \quad (2)$$

где  $r$  – текущий радиус;  
 $f$  – коэффициент трения;  
 $p$  – давление в контакте;  
 $dr$  – дифференциал радиуса.  
 Момент трения сплошного диска

$$M = f p \frac{\pi D^3}{12}, \quad (3)$$

где  $D$  – диаметр диска.

В центральной части диска скорость скольжения становится меньше критической, следовательно, поверхность трения не должна иметь центральной части (рисунок 5). Момент трения в этом случае равен

$$M = f \pi p \frac{D_e^3 - D_i^3}{12}. \quad (4)$$

Момент можно определить через силу и плечо. Выбирая плечо, можно получить необходимую силу, которая компенсирует вес оборудования [6]. При постоянной скорости сухое трение не зависит от скорости скольжения.

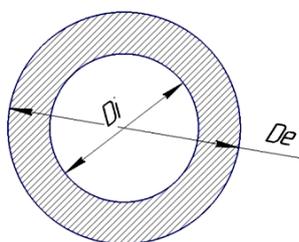


Рисунок 5 – Поверхность трения с внешним  $D_e$  и внутренним  $D_i$  диаметром

Исследования проводились на модели, содержащей вес и силу компенсатора, вынуждающую силу и силу вязкого трения. Уравнение динамики для этой системы имеет вид

$$m \frac{d^2 q}{dt^2} = f \cos \omega t - G + F(q) - b \frac{dq}{dt}, \quad (5)$$

где  $\frac{d^2 q}{dt^2}$  – ускорение массы;  
 $m$  – масса;  
 $f$  – амплитуда вынуждающей силы;  
 $\omega$  – угловая частота вынуждающей силы;  
 $t$  – время;  
 $G$  – вес;  
 $F(q)$  – сила компенсатора веса;  
 $b$  – коэффициент вязкости демпфера;  
 $\frac{dq}{dt}$  – скорость массы.

Вязкость демпфера определяется декрементом затухания в опыте при сотрясении источника вибрации. Затухание зависит от конструкции электрических кабелей, системы охлаждения, системы подвода топлива, контрольно-измерительной аппаратуры, системы отработанных газов. Учет трения при численном моделировании сокращает переходный процесс без снижения эффективности виброизоляции.

Сила компенсатора  $F(q)$  равна и противоположна весу источника вибрации  $G$  в том случае, когда амплитуда скорости колебаний  $q_2$  ниже заданного значения  $v$ . На языке программирования MathCad получим следующий условный оператор

$$F(q) := \text{if}(q_2 < v, G, 0). \quad (6)$$

Математическая модель с условным оператором имеет вид, представленный на рисунке 6. В отличие от модели численного интегрирования уравнения динамики для вязкоупругой системы, в данной модели исключается жесткость и добавляется скорость колебаний  $v$  и сила компенсатора веса  $F(q)$ , зависящая от амплитуды скорости колебаний  $q_2$ , а также третий интеграл от ускорения.

Исходные данные оптимизировались на основе норм виброскорости для электрических агрегатов [7]. Недостаточная скорость компенсатора приводит к сцеплению дисков и потере виброизоляции. Большая скорость компенсатора ведёт к увеличению мощности привода. Масса источника вибрации принималась равной средней массе судовой электростанции при мощности до 50 кВт.

В линейных системах с металлическими и упругими резинометаллическими элементами эффективность амортизирующего крепления определяют через коэффициент виброизоляции равный отношению силы на основании к вынуждающей силе или через коэффициент динамичности [8]. В данном случае этот метод непригоден, поскольку для получения упругой силы нужно перемножить амплитуду на жёсткость равную нулю. Поскольку опора нулевой жесткости не изменяет динамику массы агрегата, колебания источника будут гармоническими с частотой вынуждающей силы. Это позволит считать эффективность новым методом, как разность силы инерции и вынуждающей силы. Поскольку сумма вынуждающей силы и силы инерции близка к нулю то, остаток будет реакцией основания.

$$\begin{array}{llll}
 v := .02 & f := 1000 & m := 1000 & \omega := 100 \\
 G := 9.81 \cdot m & F(q) := \text{if}(q_2 < v, G, 0) & & b := 700 \\
 \\
 \text{init\_vals} := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} & \text{init\_t} := 0 & \text{final\_t} := 6 & \text{Nsteps} := 5000 \\
 \\
 D(t, q) := \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \frac{1}{m}(f \cdot \cos(\omega \cdot t) - G + F(q) - b \cdot q_2) \end{bmatrix}
 \end{array}$$

Рисунок 6 – Модель численного интегрирования уравнения динамики с компенсатором веса

На рисунке 7 показан график силы, действующей на массу и вынуждающей гармонической силы.

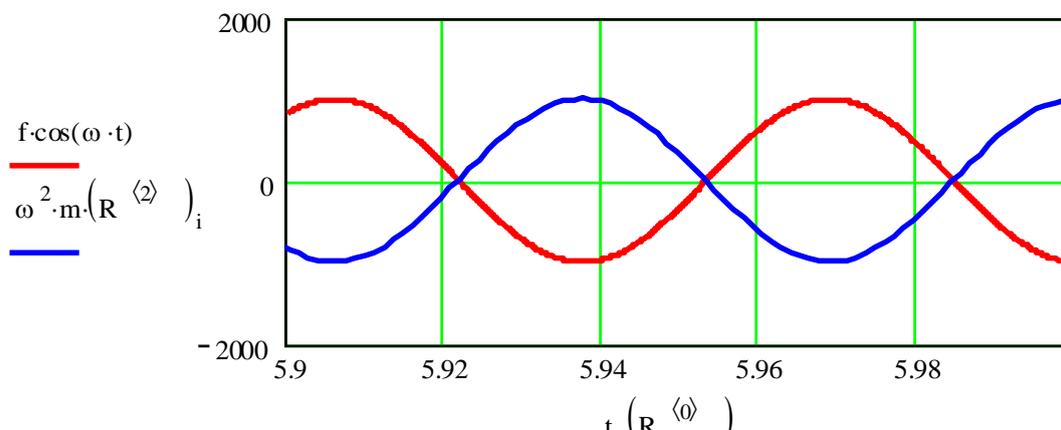


Рисунок 7 – Сравнение силы на массу (синяя линия) и вынуждающей силы (красная линия)

Вывод: Анализ результатов показал, что система находится в уравновешенном состоянии при условии близости к нулю разности силы инерции и вынуждающей силы. Следовательно, предлагаемый компенсатор способен изолировать корпус судна от вибрации судового двигателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зуев А.А. Проблемы виброизоляции / А.А. Зуев, А.К. Зуев, В.А. Четверкин // Проблемы виброизоляции на судах: сборник научных трудов / Новосибирская государственная академия водного транспорта. – Новосибирск, 2003. – С.43-55.
2. Allan Piersol. Harris' shock & vibration Handbook. – 6th edition. / Allan Piersol, Thomas Paez. – New-York: McGraw-Hill Education, 2009. – 1168 p.
3. Барановский А.М. Метод снижения структурного шума судового оборудования / А.М. Барановский, С.В. Викулов, А.Н. Спиридонова // Речной транспорт (XXI век). – 2021. – №1 (97). – С. 49-51.
4. Потянихин А.Н. Маятниковая жесткость пружинных подвесок / А.Н. Потянихин // Научные проблемы транспорта Сибири Дальнего Востока. – 2007. – №1. – С.80-82.
5. Потянихин А.Н. Упругий материал для виброизолирующих конструкций / А.Н. Потянихин, М.К. Романченко/ Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия «Морская техника и технология». – 2009. – №1. – С. 72–75.
6. Спиридонова А.Н. Компенсатор веса в подвеске судового двигателя / А.Н. Спиридонова // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего востока. – 2018. – №1. – С.128-131.
7. Антошкин А.С. Средства малой энергетики с поршневыми двигателями внутреннего сгорания / А.С. Антошкин, А.А. Балашов, Н.И. Валуцкий, А.С. Лихачёв, Д.Д. Матиевский / под редакцией Д.Д. Матиевского. – Барнаул : Изд-во «Агентство рекламных технологий», 2008. – 368 с.
8. Вибрации в технике: справочник в 6-ти томах. Том 1 / под ред. В. Н. Челомея. – М.: Машиностроение, 1984. – .352 с.

REFERENCES

1. Zuev A.A. Problems of vibration isolation / A.A. Zuev, A.K. Zuev, V.A. Chetverkin // Problems of vibration isolation on ships: collection of scientific papers / Novosibirsk State Academy of Water Transport. – Novosibirsk, 2003. – pp.43-55.
2. Allan Piersol. Harris' shock & vibration Handbook. – 6th edition. / Allan Piersol, Thomas Paez. – New York: McGraw-Hill Education, 2009. – 1168 p.
3. Baranovsky A.M. Method of reducing structural noise of ship equipment / A.M. Baranovsky, S.V. Vikulov, A.N. Spiridonova // River transport (XXI century). – 2021. – №1 (97). – Pp. 49-51.
4. Potyanikhin A.N. Pendulum stiffness of spring suspensions / A.N. Potyanikhin // Scientific problems of transport in Siberia of the Far East. – 2007. – No. 1. - pp.80-82.
5. Potyanikhin A.N. Elastic material for vibration-insulating structures / A.N. Potyanikhin, M.K. Romanchenko/ Bulletin of the Astrakhan State Technical University. The series "Marine engineering and technology". - 2009. – No. 1. – pp. 72-75.
6. Spiridonova A.N. Weight compensator in the suspension of a marine engine / A.N. Spiridonova // Scientific problems of transport in Siberia and the Far East. - 2018. – No.1. – pp.128-131.
7. Antoshkin A.S. Means of small power engineering with piston internal combustion engines / A.S. Antoshkin, A.A. Balashov, N.I. Valuisky, A.S. Likhachev, D.D. Matievsky / edited by D.D. Matievsky. - Barnaul : Publishing house "Agency of Advertising Technologies", 2008. - 368 p .
8. Vibrations in technology: a handbook in 6 volumes. Volume 1 / edited by V. N. Chelomey. – М.: Mashinostroenie, 1984. – .352 p.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Виброизоляция, компенсатор веса, сухое трение, численное моделирование, система стабилизации.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Викулов Станислав Викторович, доктор технических наук, заведующий кафедрой Физики, химии и инженерной графики ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Спиридонова Анна Николаевна, кандидат технических наук, ассистент кафедры Техносферной безопасности ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## РАЗВИТИЕ МЕТОДА ВИБРОИЗОЛЯЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ СИЛ СУХОГО ТРЕНИЯ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

С.В. Викулов, А.Н. Спиридонова

DEVELOPMENT OF THE METHOD OF VIBRATION ISOLATION OF POWER EQUIPMENT BASED ON DRY FRICTION FORCES

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

S.V. **Vikulov** (Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Physics, Chemistry and Engineering Graphics of SSUWT)

A.N. **Spiridonova** (Ph.D. of Technical Sciences Assistant of the Department of Technosphere Security of SSUWT)

**ABSTRACT:** The article considers a uniaxial vibration protection model of a marine power plant. According to the results of the research, the following conclusions were made: 1. The existing zero stiffness method has no solutions for rebuilding the supports to a new load, which dramatically reduces the effectiveness of this method. 2. Vibrations of the vibration source may theoretically not be transmitted to the protected base if the speed does not change the sign. The constant force of interaction between objects means complete vibration isolation.

**Keywords:** *Vibration, vibration isolation, uniaxial model, dry friction, zero stiffness, speed signature.*

В статье рассмотрена одноосная модель виброзащиты судовой энергетической установки. По результатам исследований сделаны следующие выводы:

1. Существующий метод нулевой жесткости не имеет решений для перестройки опор на новую нагрузку, что резко снижает эффективность этого метода.
2. Колебания источника вибрации могут теоретически не передаваться на защищаемое основание в том случае, если скорость не будет менять знак. Постоянная сила взаимодействия между объектами означает полную виброизоляцию.

Метод виброизоляции корпуса судна основан на уменьшении силового взаимодействия с источником вибрации. Классическое представление использует понятие коэффициента динамичности, который зависит от частотного отношения. Если существенно снизить жесткость подвески, то собственная частота реагирует слабо через квадратный корень. В то же время устойчивость агрегата при волнении и сотрясениях снижается пропорционально жесткости. В этом направлении современные подвески практически достигли предела эффективности. Есть и много других проблем, связанных с конструкцией виброизоляторов [1, 2]. Линейный подход к проблеме позволяет рассматривать каждый фактор отдельно, а затем суммировать защиту от вибрации корпуса судна [3, 4].

Одноосная модель виброизолирующего крепления представлена на рисунке 1.

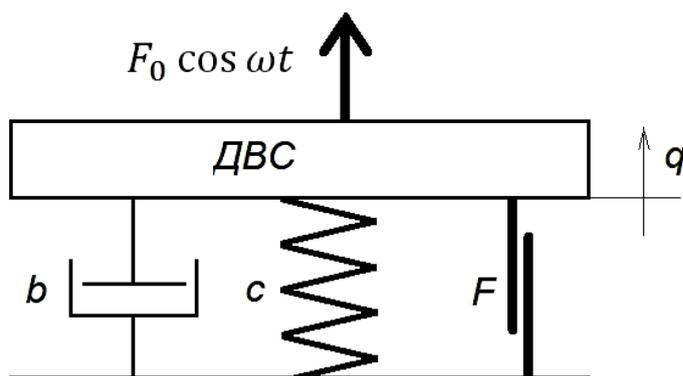


Рисунок 1 – Стандартная модель виброзащиты

Система содержит массу, установленную через упругий линейный элемент, вязкий линейный элемент и фрикцион сухого трения. Гармоническая сила приложена к массе агрегата.

Составим уравнение движения массы в форме Ньютона

$$m \frac{d^2 q}{dt^2} = F_0 \cos \omega t - b \frac{dq}{dt} - cq - F \operatorname{sign} \left( \frac{dq}{dt} \right), \quad (1)$$

где  $m$  – масса;

$\frac{d^2 q}{dt^2}$  – ускорение массы;

$F_0$  – амплитуда вынуждающей силы;

$\omega$  – угловая частота вынуждающей силы;

$t$  – время;

$b$  – коэффициент вязкости демпфера;

$\frac{dq}{dt}$  – скорость массы;

$c$  – жесткость;

$q$  – положение массы;

$F$  – сила сухого трения;

$\text{sign}\left(\frac{dq}{dt}\right)$  – сигнатура скорости

На защищаемое основание передаётся три силы: вязкого трения, упругая сила, сила сухого трения. Таким образом, идеальная виброзащита возможна только в том случае, когда все три силы равны нулю или постоянны.

Подобное решение было предложено в работе [5], где вес компенсировался парой сухого трения. Математическая модель содержала уравнение динамики, в котором сила упругости была заменена силой сухого трения. Условный оператор контролировал разницу виброскорости и скорости скольжения фрикционных. Модель показала существование критической скорости, выше которой усилие не передается на основание. Однако вопрос перестройки опоры на переменную нагрузку не был решён. Попытка использования обратной связи по перемещению приводила к обычному уравнению динамики системы с упругой связью и появлением резонанса [6].

Существуют исследования передачи силы сухого трения на защищаемое основание при кинематическом возбуждении источника [5, 7]. В этом случае вместо решения уравнения динамики было составлено выражение силы сухого трения. Идея состояла в том, что метод принципиально эффективнее, чем виброизоляция сил упругости и сил вязкого трения. Силы вязкости и упругости имеют некоторую общую основу через производную по времени. Сила пружины зависит от положения (позиционная сила) или не зависит от времени. Вязкая сила по Ньютону зависит от скорости или от первой производной смещения по времени. Инерционная сила зависит от второй производной смещения по времени. В соответствии с этим подходом разработаны устройства на основе упругих элементов. Для упругой силы используется уход от резонанса в область больших частотных отношений. От вязкой силы защита практически невозможна и её используют для снижения резонансных пиков. Силы инерции можно погасить только с помощью динамических гасителей колебаний или antivibrаторов, но эти устройства имеют узкий диапазон рабочих частот, либо низкую эффективность.

Иначе происходит взаимодействие источника вибрации и защищаемого основания при сухом трении плоских поверхностей [7, 8]. Формальное описание силы трения содержит функцию «sign» скорости. Следовательно, колебания источника вибрации могут теоретически не передаваться на защищаемое основание в том случае, если скорость не будет менять знак. Постоянная сила взаимодействия между объектами означает полную виброизоляцию (рисунок 2).

На среднем графике показана равномерно возрастающая скорость скольжения. После достижения амплитуды виброскорости 0,01 м/с ускорение и амплитуда становятся равными нулю, что равносильно идеальной виброзащите.

Выводы.

1. Существующий метод нулевой жесткости не имеет решений для перестройки опор на новую нагрузку, что резко снижает эффективность этого метода.

2. Колебания источника вибрации могут теоретически не передаваться на защищаемое основание в том случае, если скорость не будет менять знак. Постоянная сила взаимодействия между объектами означает полную виброизоляцию.

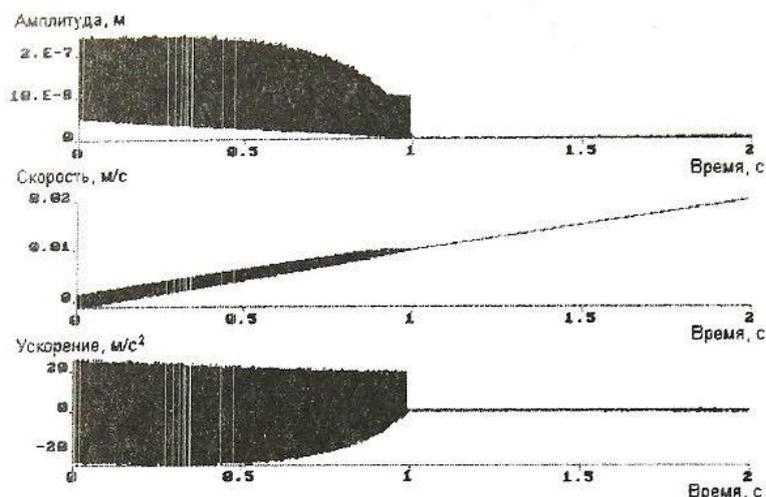


Рисунок 2 – Факсимиле из статьи 2001 года [5] – кинематические параметры движения массы  $m = 0,1$  кг для частоты колебаний  $\omega = 1000$   $\text{с}^{-1}$ ; виброскорости  $q' = 0,01$  м/с; жесткости  $c = 10^7$  Н/м, коэффициента демпфирования  $b = 1000$  Нс/м; ускорения  $y_0'' = 0,01$  м/с<sup>2</sup>

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барановский А.М. Колебания в судовых механизмах: учебник [для аспирантов спец. 05.08.05 - "Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные)] / А. М. Барановский, Л. В. Пахомова, Ю. И. Ришко. – Новосибирск: СГУВТ, 2015. – 209 с.
2. ГОСТ 26568-85 Вибрация. Методы и средства защиты. Классификация = Vibration. Methods and means of protection. Classification: государственный стандарт союза СССР: введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 26 июня 1985 г. №1924: взамен ГОСТ 12.04.046–78: дата введения 1987-01-01. – Текст: электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – Режим доступа: свободный URL: ГОСТ 26568-85 Вибрация. Методы и средства защиты. Классификация (с Изменением N 1) от 26 июня 1985 - docs.cntd.ru (дата обращения 24.09.2021).
3. Беляковский Н.Г. Конструктивная амортизация механизмов, приборов и аппаратов на судах / Н.Г. Беляковский. – Л.: Судостроение, 1965. – 524 с.
4. Гомзиков Э.А. Проектирование противозумового комплекса судов / Э.А. Гомзиков, Г.Д. Изак. – Л.: Судостроение, 1981. – 184 с.
5. Барановский А.М. Передача вибраций силой сухого трения / А.М. Барановский, А.К. Зув // Динамика судовых энергетических установок: сборник научных трудов / Новосибирская государственная академия водного транспорта. – Новосибирск, 2001. – С. 47-51.
6. Барановский А.М. Принципы управления подвеской нулевой жесткости / А.М. Барановский, А.Н. Спиридонова // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2018. – №1. – С.111-114.
7. Барановский А.М. Метод снижения структурного шума судового оборудования / А.М. Барановский, С.В. Викулов, А.Н. Спиридонова // Речной транспорт (XXI век). – 2021. – №1 (97). – С. 49-51.
8. Allan Piersol. Harris' shock & vibration Handbook. – 6th edition. / Allan Piersol, Thomas Paez. – New-York: McGraw-Hill Education, 2009. – 1168 p.

## REFERENCES

1. Baranovsky A.M. Fluctuations in ship mechanisms: textbook [for graduate students spec. 05.08.05 - "Ship power plants and their elements (main and auxiliary)"] / A.M. Baranovsky, L. V. Pakhomova, Yu. I. Rishko. – Novosibirsk: SGUVT, 2015. – 209 p.
2. GOST 26568-85 Vibration. Methods and means of protection. Classification = Vibration. Methods and means of protection. Classification: State standard of the USSR Union: put into effect by Resolution of the USSR State Committee on Standards dated June 26, 1985 No. 1924: instead of GOST 12.04.046–78: date of introduction 1987-01-01. – Text: electronic // Electronic Fund of legal and regulatory documents. – Access mode: free URL: GOST 26568-85 Vibration. Methods and means of protection. Classification (with Change N 1) of June 26, 1985 - docs.cntd.ru (accessed 24.09.2021).
3. Belyakovskiy N.G. Constructive depreciation of mechanisms, devices and apparatuses on ships / N.G. Belyakovskiy. – L.: Shipbuilding, 1965. – 524 p.
4. Gomzikov E.A. Designing an anti-noise complex of ships / E.A. Gomzikov, G.D. Izak. – L.: Shipbuilding, 1981. - 184 p.
5. Baranovsky A.M. Transmission of vibrations by dry friction force / A.M. Baranovsky, A.K. Zuev // Dynamics of ship power plants: collection of scientific papers / Novosibirsk State Academy water transport. – Novosibirsk, 2001. – pp. 47-51.
6. Baranovsky A.M. Principles of zero-stiffness suspension control / A.M. Baranovsky, A.N. Spiridonova // Scientific problems of transport in Siberia and the Far East. – 2018. – No. 1. – pp.111-114.
7. Baranovsky A.M. Method of reducing structural noise of ship equipment / A.M. Baranovsky, S.V. Vikulov, A.N. Spiridonova // River transport (XXI century). – 2021. – №1 (97). – Pp. 49-51.
8. Allan Piersol. Harris' shock & vibration Handbook. – 6th edition. / Allan Piersol, Thomas Paez. – New York: McGraw-Hill Education, 2009. – 1168 p.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*Вибрация, виброизоляция, одноосная модель, сухое трение, нулевая жесткость, сигнатура скорости.*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Викулов Станислав Викторович, доктор технических наук, заведующий кафедрой Физики, химии и инженерной графики ФГБОУ ВО «СГУВТ»  
Спиридонова Анна Николаевна, кандидат технических наук, ассистент кафедры Техносферной безопасности ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

*630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СЕТЕЙ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПОТОКОВОЙ МОДЕЛИ УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

С.С. Харлампьева, С.В. Горелов

## INCREASING THE EFFICIENCY OF MEDIUM VOLTAGE NETWORK OPERATION BASED ON THE STEADY-STATE POWER FLOW MODEL

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

S.S. Kharlampeva (Postgraduate student of the Department «Electric power systems and electrical engineering» of SSUWT)

S.V. Gorelov (Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department «Electric power systems and electrical engineering» of SSUWT)

**ABSTRACT:** This article describes the existing models for calculating the steady state. The calculation and comparison of the classical model with the flow model, and the analysis of comparative calculations are made.

**Keywords:** Distribution network, steady state, steady state calculation models, power balance, current balance.

В данной статье описаны существующие модели расчета установившегося режима. Сделан расчет и сравнение классической модели с потоковой моделью, и анализ сравнительных расчетов.

Поставка надежной электроэнергии является главной задачей распределительной сети среднего напряжения. Ранее из-за недостаточного количества измерительных устройств отсутствовала надежная система управления распределительными сетями. В случае аварийных ситуаций в системах электроснабжения выезжала определенная бригада, отвечающая за определенные участки сети, а так же собирались измерительные информации вручную. Для актуализации и передачи информации о состоянии схемы сети в пункты управления затрачивалось большое количество времени, что обеспечивало понижение эффективности работы электрических сетей.

Способы определения параметров работы электроэнергетической системы осуществляются путем расчета установившегося режима. Основываясь по параметрам узловых нагрузок и генерации.

Для полного представления рассмотрим использование разных моделей расчета УР, что позволит отразить их общий «потоковый» характер.

Рассмотрим нелинейные контурные уравнения. Данный метод описывает выполнение второго закона Кирхгофа в каждом из колец сложно замкнутых сетей [1]. Система уравнений для контурных токов имеет вид:

$$\sum_k \underline{Z}_k I_k = \sum_k E_k \quad (1)$$

где  $I_k, E_k$  – вектора контурных  $I$  и ЭДС;  
 $\underline{Z}_k$  – матрица контурных сопротивлений.

Главное преимущество:

- высокая точность описания электрических схем;
- учет влияния внешних факторов на работоспособность сетей;
- описание нелинейных процессов электрической цепи.

Основные недостатки:

- требует полного понимания и знания данного метода;
- требование к большому вычислительному ресурсу;
- не применим для описания всех типов нелинейного процесса.

Метод вторых адресных отображений или метод Ньютона-Рафсона.

В основе его лежит численный метод ручного расчета нелинейных уравнений. Преимущество – простота применения итерационной процедуры Зейделя-Гаусса, что позволяет быстро достигнуть сходимости решения. Недостатки – неприменимость алгоритма для расчета установившегося режима в кольцевых схемах, менее устойчив по сравнению с методом Исаака Ньютона.

Уравнение узловых напряжений основывается на описании распределения напряжений в узлах сети путем известных действующих значений  $U, R$  в других узлах.

Система уравнений в полярной системе координат, записанная в форме баланса мощности выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} U_i^H \left( \sum_{j=1}^M g_{ij} U_j^K \cos \delta_i + \sum_{j=1}^M b_{ij} U_j^K \sin \delta_i \right) = P_i \\ U_i^H \left( - \sum_{j=1}^M b_{ij} U_j^K \cos \delta_i + \sum_{j=1}^M g_{ij} U_j^K \sin \delta_i \right) = -Q_i \end{cases} \quad (2)$$

где  $U_i^H, U_j^K$  – модули узловых напряжений начал и концов для каждой из  $M$  ветвей;  
 $g_{ij}, b_{ij}$  – активные и реактивные проводимости каждой ветви;  
 $P_i, Q_i$  – активная и реактивная мощности в узле  $i$ ;  
 $\delta_j$  – угол напряжения в узле  $j$ .

В матричной форме, система УУН (2) имеет следующий вид:

$$\frac{S}{U} = (\bar{U} - U_b) * Y \quad (3)$$

где  $Y$  – квадратная матрица собственных и взаимных проводимостей;  
 $\bar{U}$  – вектор искомых узловых напряжений;  
 $U_b$  – вектор значений, балансирующего узла;  
 $S$  – вектор узловых мощностей.

Главные достоинства:

- учет потери мощностей в электрических сетях;
- учет влияния регулирующих устройств на работоспособности сети;
- учет внешних факторов сети;
- не имеет проблем с алгоритмизацией.

Недостатки:

- отсутствие учета влияния регулирующих устройств в работе сетей;
- отсутствие учета влияния регулирующих устройств в работе сетей;
- использование модулей напряжений и их углов в векторе состояния;
- математическая некорректность записи ветвей с нулевым сопротивлением в матрицу проводимостей;
- большая размерность.

Выше перечисленные проблемы как никогда актуальны для определения и корректного расчета режимов работы сетей 6-35 кВ с ненаблюдаемыми участками сети. Следовательно, для полного определения специфику работ сетей среднего напряжения, а также для определения типа (конфигурации) схемы и для точного расчета необходимо рассмотреть и применить такую режимную модель, которая бы соответствовала этим требованиям. Принимая все перечисленные проблемы и учитывая основные задачи энергораспределения, сформулирована альтернативная режимная модель – потоковая модель установившегося режима.

Потоковая модель установившегося режима – модель расчета электрической сети, которая основана на методе потоков мощности. Она позволяет рассчитать напряжения и токи в узлах сети на основе известных значений мощности и сопротивления в других узлах [1]. Потоковая модель установившегося режима учитывает потери мощности в сети и нелинейные элементы сети, что делает расчеты более точными [1]. Она также позволяет учитывать влияние регулирующих устройств на работу сети, что делает расчеты более точными [1].

Уравнения связи для нагрузочных узловых потоков выражаются:

$$P_i^{\text{нагр}} = - \sum_{j \in \omega_i} \Delta P_{ji} \sum_{j \in \omega_i} P_{ji}^H - \sum_{j \in \gamma_i} P_{ih}^H - \Delta P_i^{\text{ш}}, \quad i = 1, 2 \dots N_{\text{вт}}; \quad h = 1, 2 \dots N_{\text{выт}} \quad (4a)$$

$$Q_i^{\text{нагр}} = - \sum_{j \in \omega_i} \Delta Q_{ji} \sum_{j \in \omega_i} Q_{ji}^H - \sum_{j \in \gamma_i} Q_{ih}^H - \Delta Q_i^{\text{ш}}, \quad i = 1, 2 \dots N_{\text{вт}}; \quad h = 1, 2 \dots N_{\text{выт}} \quad (4б)$$

где  $P_{ji}^H, Q_{ji}^H$  – потоки активной и реактивной мощности начал ветвей, втекающих в узел  $i$  от всех узлов  $j$ ;

$\Delta P_{ji}, \Delta Q_{ji}$  – технические потери в ветви;

$\omega_i$  – множество узлов, инцидентных узлу  $i$ , от которых мощность втекает в узел  $i$ ;

$\gamma_i$  – множество узлов, инцидентных узлу  $i$ , к которым мощность вытекает от узла  $i$ ;

$\Delta P_i^{\text{шт}}, \Delta Q_{ji}$  – технические потери (потери в шунтах) в узле  $i$ ;

$P_{ih}^H, Q_{ih}^H$  – потоки мощности начал ветвей, вытекающих из узла  $i$  к узлам  $h$ .

Уравнения для падения напряжения, отражающие выполнение закона Ома, могут быть также записаны через потоки

$$U_j^H = \sqrt{\left( U_i^H - \frac{P_{ij}^H r_{ij} + Q_{ij}^H x_{ij}}{U_i^H} \right)^2 + \left( \frac{P_{ij}^H x_{ij} + Q_{ij}^H r_{ij}}{U_i^H} \right)^2}, ij = 1,2 \dots M = N - 1 \quad (5)$$

где  $U_j^H$  – напряжение в узле  $j$  конца ветви.

В задаче расчета УР контурные уравнения «заменяют» собой измерения в ветвях схемы сети. Записываются отдельно для активных и реактивных потоков в ветвях контуров сети через параметры расчетного вектора ПМ  $X_{yp}$ , используя второй закон Кирхгофа

$$\sum_{i,j \in l_k} P_{ij}^H x_{ij} + \sum_{i,j \in l_k} \varepsilon_{P_{ij}} \approx 0, k = 1,2, \dots L_k = M - (N - 1), \quad (6a)$$

$$\sum_{i,j \in l_k} Q_{ij}^H x_{ij} + \sum_{i,j \in l_k} \varepsilon_{Q_{ij}} \approx 0, k = 1,2, \dots L_k = M - (N - 1), \quad (6б)$$

где  $l_k$  – множество ветвей, входящих в  $k$ -й контур;

$\varepsilon_{P_{ij}}$  – величины, учитывающие члены более высокого порядка при линеаризации зависимости  $P(\delta)$  и  $Q(U)$ .

Общую структуру линеаризованной системы уравнений потоковой модели, представим в блочно-матричном виде:

Уравнения:	Размерность:	$P_b^n$ $Q_b^n$ $U_y$
$P_i^{\text{нагр}}$	N-1	$H = \begin{pmatrix} \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare \\ \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare \\ \blacksquare & \blacksquare & \blacksquare \\ \blacksquare & 0 & \blacksquare \\ 0 & \blacksquare & \blacksquare \end{pmatrix} \quad (7)$
$Q_i^{\text{нагр}}$	N-1	
$U_j^H$	M=N-1	
Контурные по $P$	M-(N-1)	
Контурные по $Q$	M-(N-1)	
<b>ИТОГО:</b>	<b>N-1+2M</b>	

где « $\blacksquare$ » – блоки с частными производными;  
«0» – блоки, в которых отсутствуют частные производные

Расчетный вектор ПМ  $X_{yp}$  будет иметь следующую размерность

Размерность:
$M \times 1$
$M \times 1$
$(N - 1) \times 1$
<b>ИТОГО:</b> $(N - 1 + 2M) \times 1$

$$\Delta X_{yp} = \begin{pmatrix} \Delta P_b^n \\ \Delta Q_b^n \\ \Delta U_y \end{pmatrix} \quad (8)$$

Для наглядного сравнения классической модели с потоковой проведем расчеты на примере трехузловой сети по приведенным ранее формулам.

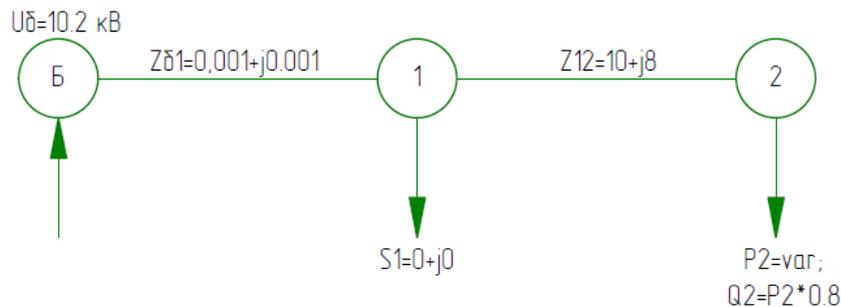


Рисунок 1 – Тестовая схема трехузловой сети

За исходные данные примем: нулевые значения углов и равенства  $U$  номинальному во всех узлах кроме балансирующего. Использовали в обеих моделях итерационный метод Ньютона первого порядка. Все результаты расчета приведены в таблице 1

Таблица 1 – Итоговое сравнение классической и потоковой модели

К.з., %	$P_2$ , МВт ( $\cos\varphi=0.8$ )	Классическая режимная модель		
		Число итераций $10^{-5}$	К.о.	Определитель матрицы Якоби
100	0.0000	–	$9.238 \cdot 10^4$	$3.433 \cdot 10^9$
70	0.4757	3	$1.104 \cdot 10^5$	$2.638 \cdot 10^9$
50	0.7929	3	$1.304 \cdot 10^5$	$2.077 \cdot 10^9$
20	1.2687	4	$2.064 \cdot 10^5$	$1.112 \cdot 10^9$
10	1.4271	4	$2.890 \cdot 10^5$	$7.239 \cdot 10^8$
0.03 ( $\approx$ предел)	1.5857	8	$9.754 \cdot 10^7$	$1.627 \cdot 10^6$ далее $\rightarrow 0$
К.з., %	$P_2$ , МВт ( $\cos\varphi=0.8$ )	Потоковая модель		
		Число итераций $10^{-5}$	Число итераций $10^{-5}$	Число итераций $10^{-5}$
100	0.0000	–	–	–
70	0.4757	3	3	3
50	0.7929	3	3	3
20	1.2687	4	4	4
10	1.4271	4	4	4
0.03 ( $\approx$ предел)	1.5857	7	7	7

Этот пример исследования показывает:

1. У обеих моделей выявлено совпадение расчетных пределов передаваемой мощности.
2. В классической модели число итераций возрастает по мере наступления расчетного предела.

3. Качественная характеристика т.е. обусловленность матрицы Якоби потоковой модели.

Основываясь на приведенной примере, можно сделать вывод что в целом, описанная потоковая модель установившегося режима работы сети может применяться для расчета как в сетях среднего напряжения, так и в сетях более высоких классов напряжения. Автоматизированные устройства управления распределительных сетей на основе потоковой модели позволят полнее реализовывать возможности установленных в сети активных устройств управления и систем сбора и передачи измерительной информации для повышения эффективности работы сетей среднего напряжения, т.е. сетей 6-35кВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусейнов, П.Э. Оптимальный расчет установившихся режимов электрических сетей [Электронный ресурс] / П.Э. Гусейнов // Научная электронная библиотека Elibrary.ru URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48009147> (дата обращения: 17.04.2023).

REFERENCES

1. Huseynov, P.E. Optimal calculation of steady-state modes of electrical networks [Electronic resource] / P.E. Huseynov // Scientific electronic library Elibrary.ru URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48009147> (date of access: 17.04.2023).

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*Распределительная сеть, установившийся режим, модели расчета установившихся режимов, баланс мощностей, баланс токов.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Харлампьева Сардана Сергеевна, аспирант кафедры «ЭСЭ» ФГБОУ ВО «СГУВТ» Горелов Сергей Валерьевич, доктор технических наук, профессор, Зав. кафедры «ЭСЭ» ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## **СОВРЕМЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**Л.В. Пахомова, А.А. Бутузов, Е.М. Белоусова, З.Ш. Афанасьева**

### **MODERN ENERGY GENERATION. DEVELOPMENT PROSPECTS**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**L.V. Pakhomova** (Ph. D. of Technical Sciences, Head of the Department of "Resistance of Materials and Lifting and Transport Machines" of SSUWT)

**A.A. Butuzov** (Master student of SSUWT)

**E.M. Belousova** (Student of SSUWT)

**Z.Sh. Afanaseva** (Assistant of SSUWT)

---

**ABSTRACT:** Modern energy is one of the key industries that is rapidly developing and undergoing changes in recent years. The essence of the energy industry is to receive, transport, process and use various energy sources to meet the needs of humans, industry, transport and other spheres of life. The article discusses the existing methods of generating electricity and the prospects for the development of methods of its generation.

---

**Keywords:** Energy generation, traditional and alternative sources, global electricity generation, the share of generation, development prospects, advantages and disadvantages of generation methods.

Современная энергетика является одной из ключевых отраслей промышленности, которая стремительно развивается и претерпевает изменения в последние годы. Суть энергетической отрасли заключается в получении, транспортировке, обработке и использовании различных источников энергии для обеспечения потребностей человека, промышленности, транспорта и других сфер жизни. В статье рассмотрены существующие способы генерации электроэнергии и перспективы развития способов ее генерации.

Основными источниками энергии в современной энергетике являются ископаемые виды топлива, такие как нефть, нефтепродукты, природный газ и уголь, а также атомная энергия. И естественная генерация – гидроэнергетика, солнечная и ветровая энергия.

Из всех источников уголь продолжает оставаться самым востребованным ископаемым за счет своей относительной низкой стоимости и достаточной распространенности. Занимает около 27% от всей мировой электрогенерации. Уголь еще продолжительное время будет оставаться во главе всей мировой генерации электроэнергии.

За ним идет природный газ. Сжигание природного газа занимает 22% от всей генерации. Природный газ как правило дороже угля, но по сравнению со вторым гораздо «чище» при сжигании. Основной вред окружающей среде и человеку наносится в процессе добычи и переработки природного газа.

Использование нефтепродуктов как энергоносителя постепенно снижается вследствие их удорожания. Нефть занимает третье место во всей электрогенерации – 17%. Нефть – единственный энергоноситель, доля которого в мировом производстве электроэнергии только падает. Причины этому – высокая цена нефтепродуктов и огромный вред окружающей среде и человеку при производстве и сжигании. В дальнейшем стоит ожидать полный отказ от использования нефтепродуктов при генерации электроэнергии.

Атомная энергетика занимает четвертое место – 10% от всей генерации. Проблема постепенного повышения цен на ископаемые носители, вследствие их выработки, и проблема выброса углекислого газа в атмосферу стимулирует разработку атомных электростанций. Несмотря на высокие капитальные затраты на строительство электростанций, используемое ядерное топливо дешевле, чем природный газ и уголь, из-за чего атомная энергетика является довольно конкурентоспособной. Но основными проблемами отрасли являются: безопасность производства, хранение радиоактивных отходов, большие инвестиции в разработку отрасли и ассоциация «мирного атома» с ядерным оружием. Все эти проблемы сдерживают развитие атомной энергетике.

Оставшуюся долю – 24% занимают альтернативные и возобновляемые источники энергии. Рост цен на полезные ископаемые и проблемы их выработки, переработки и сжигания породили интерес к разработке и использованию альтернативных и возобновляемых источников электроэнергии.

Доля мировой энергогенерации представлена на рисунке 1.

В последние годы все большее внимание уделяется развитию возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия, которые имеют меньшее негативное

воздействие на окружающую среду. Эти виды энергии возобновляемые, то есть их можно производить практически бесконечно, что позволяет экономить и сокращать использование ископаемых топлив.

Рассмотрим два основных альтернативных источника генерации электроэнергии:

**Солнечная энергия.** Солнечная энергия является возобновляемым источником электроэнергии (она бесконечна по сравнению с продолжительностью жизни человека). Энергия солнца стабильна, доступна (ограничена только интенсивностью излучения), безопасна для окружающей среды и человека, отсутствие шума. Из минусов следует выделить невозможность использования в регионах с обильными осадками, стоимость солнечных батарей очень высока, и порой выработка электроэнергии не амортизирует затраты, солнечные батареи занимают большие площади, генерируют постоянный ток, что требует дополнительного оборудования для трансформации в переменный, генерация возможна только в дневное время, низкий коэффициент полезного действия (КПД).

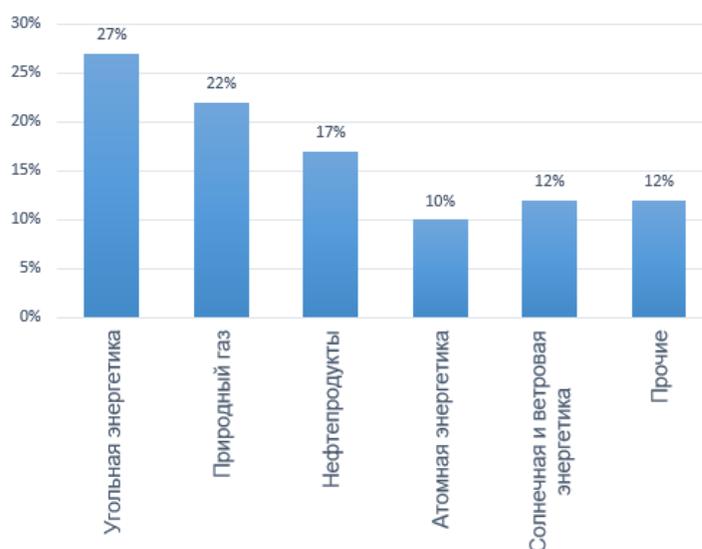


Рисунок 1 – Доля мировой энергогенерации

Технологии генерации электроэнергии с помощью солнца с каждым годом развиваются и дальнейшие исследования могут вывести солнечную генерацию вровень с традиционными источниками электроэнергии.

**Ветряная энергия.** Энергия ветра используется не только для генерации электрической энергии, но и механической и тепловой. Как и солнечная энергия, энергия ветра неисчерпаема, пока светит солнце, будет и движение воздушных потоков. Ветровая энергия экологически чиста, а монтаж установок быстр и дешев. Но есть и минусы: коэффициент полезного действия ветряных установок во многом зависит от географического расположения и розы ветров, погодных условий и времени суток. Ветряные установки занимают много полезной площади и требуют удаленной от жилых мест установки, из-за шума, производимого во время работы. Ветряные установки создают потенциальную опасность для птиц.

Развитие и разработки в ветряной электроэнергетике продолжаются, ярким примером могут служить плавающие и парящие ветровые генераторы, а доля ветровой энергии в мировой выработке увеличивается с каждым годом.

Одной из современных тенденций в энергетике является уменьшение выбросов углекислого газа в атмосферу, что стимулирует рост доли возобновляемых источников энергии. Что постепенно ведет к уменьшению использования традиционных ископаемых видов топлива перечисленных ранее. Вместе с развитием возобновляемых источников энергии параллельно развиваются и способы накопления электроэнергии, что необходимо для стабильного функционирования таких электростанций, вследствие непостоянности генерации.

Увеличение доли возобновляемых альтернативных и возобновляемых источников энергии требует больших инвестиций в отрасль, которые не всегда ведут к прибыли. Такие источники электроэнергии экономически практически не могут конкурировать с традиционными способами. Кроме того, некоторые способы генерации могут ограничиваться географическим

расположением и погодными условиями. Строительство электростанций в неподходящих условиях ведет к непостоянной выработке электроэнергии и ее удорожанию.

Также современная энергетика ставит перед собой задачу повышения эффективности использования энергии. Технологический прогресс позволяет более эффективно использовать энергию в промышленности, сельском хозяйстве, транспорте и домашнем хозяйстве. Разработка высокоэффективных систем и механизмов позволяет сокращать потери при транспортировке и использовании различных видов энергии.

Современная энергетика также связана с разработкой энергетического оборудования, включая турбины, генераторы, трансформаторы и другие устройства. Инновации в производстве могут улучшить характеристики оборудования, сделать его более надежным и эффективным.

Интернет-технологии также играют значительную роль в развитии современной энергетики. Они позволяют управлять системами измерения и управления, мониторингом, диагностикой и ремонтом, что повышает качество и эффективность работы оборудования.

В целом, современная энергетика подчиняется высоким требованиям научного и технологического прогресса. Использование новых технологий и инноваций помогает улучшить качество жизни и экономики, а также сократить негативное воздействие на окружающую среду. На данный момент электроэнергетика находится в переходном состоянии, постепенно адаптируясь к новым разработкам и постоянно переходя от традиционных источников энергии к альтернативным. В ближайшие десятилетия прогнозируется, что возобновляемые источники энергии будут составлять значительную часть мирового энергетического баланса.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Цзян Цзунцзюнь Состояние и перспективы развития электроэнергетики и электротехники // Экономика и социум, 2023. – №3-1 (106). – с. 569-575.
2. Электроэнергетика-2035: перспективы и задачи // Промышленная и экологическая безопасность. Охрана труда, 2021. – № 1 (166).
3. Стадченко И.С. Современное состояние и перспективы развития электроэнергетики / И.С. Стадченко, А.Р. Мединцев. // сборник статей XXXIV Международной научно-практической конференции. – Пенза: Наука и Просвещение, 2019. – с. 53-55.

**REFERENCES**

1. Jiang Zujun State and prospects of development of electric power and electrical engineering // Economy and society, 2023. – №3-1 (106). – pp. 569-575.
2. Electric power industry-2035: prospects and tasks // Industrial and environmental safety. Labor protection, 2021. – № 1 (166).
3. Stadchenko I.S. The current state and prospects of electric power industry development / I.S. Stadchenko, A.R. Medintsev. // collection of articles of the XXXIV International Scientific and Practical Conference. – Penza: Science and Education, 2019. – pp. 53-55.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*Генерация энергии, традиционные и альтернативные источники, мировая генерация электроэнергии, доля генерации, перспективы развития, достоинства и недостатки способов генерации.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Пахомова Людмила Владимировна, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Бутузов Артем Андреевич, магистр ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Белюсова Екатерина Михайловна, студент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Афанасьева Залия Шаитовна, ассистент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

---

## **ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ ЦИРКУЛЯЦИОННОГО БАССЕЙНА СГУВТ**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**М.Н. Романов**

**JUSTIFICATION OF THE USE OF A FREQUENCY-CONTROLLED ELECTRIC DRIVE FOR THE SGUVT CIRCULATION POOL**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**M.N. Romanov** (Senior Lecturer of the Department of Electrical Equipment and Automation of SSUWT)

**ABSTRACT:** The design and operation of inland navigation vessels have received the most widespread theoretical and experimental methods. The accuracy of the obtained results depends on the drive that ensures the movement of models in the aquatic environment of the pool. The article provides a scientific and technical justification for the use of a frequency-controlled asynchronous electric drive for a circulation pool.

**Keywords:** *Circulation experiment pool, ship model, speed of movement, Froude method.*

Проектирование и эксплуатация судов внутреннего плавания наибольшее распространение получили теоретико-экспериментальные методы. От привода, обеспечивающего

перемещение моделей в водной среде бассейна, зависит точность получаемых результатов. В статье приводится научно-техническое обоснование применения частотно-регулируемого асинхронного электропривода для циркуляционного бассейна.

При решении задач проектирования и эксплуатации судов наибольшее распространение получили комплексные теоретико-экспериментальные методы. Теоретические разработки позволяют определить основные закономерности явлений, получить научно обоснованные зависимости между основными величинами, целенаправленно спланировать эксперименты. Несмотря на значительные достижения в теоретических исследованиях процессов, возникающих при движении судна, экспериментальные методы остаются основным инструментом. Это можно объяснить сложностью гидромеханических явлений при обтекании корпуса судна, движущегося по свободной поверхности, потоком реальной жидкости. Получаемые теоретическим способом результаты подвергаются экспериментальной проверке. Экспериментальные исследования необходимы при решении производственных задач прогнозирования сопротивления проектируемого судна, оптимизации формы корпуса применительно к условиям его эксплуатации, проверки ходовых качеств судна.

При изучении гидродинамических свойств судна, движущегося в условиях реальной жидкости, применяются два экспериментальных способа – натуральных и модельных испытаний.

Вязкостные составляющие сопротивления воды движению судна подчиняются закону подобия Рейнольдса, а волновые составляющие – закону подобия Фруда [1]. Так как одновременное соблюдение обоих законов при моделировании практически невозможно, то один из видов составляющих оказывается немоделируемым и определяется косвенным путём, что снижает точность определения сопротивления. Модельные эксперименты проводятся на гидро- и аэродинамических установках – в опытовых бассейнах, гидроротках, аэродинамических трубах, кавитационных трубах, кавитационных бассейнах, циркуляционных бассейнах. При анализе ходкости судна используются в основном опытовые бассейны. Бассейны с длиной более 100 м, оборудуются динамометрической подвеской. Бассейны меньшей длины применяют гравитационный или электрический привод. В циркуляционном опытовом бассейне СГУВТ в настоящее время в качестве привода тяговых тележек используется электрический привод с тиристорным преобразователем. Существенным недостатком такого привода является наличие вязкого трения, обусловленного тем, что тележка, приводимая электродвигателем, движется по круговому рельсу вдоль бассейна.

До настоящего времени требования, которым должен удовлетворять привод тяговой тележки, определялись исходя из конкретных задач, возникающих в ходе эксперимента. Возникает задача обобщить и систематизировать эти требования применительно ко всем типам приводов. Для этого рассмотрим влияние параметров привода на результат проведения эксперимента.

При моделировании соблюдается равенство чисел Фруда модели и натурности, что определяет равенство коэффициентов волнового сопротивления при соответствующих скоростях и обеспечивается турбулентный режим движения частиц воды в пограничном слое модели. Прогнозирование сопротивления натурального судна осуществляется путём пересчёта сопротивления, определённого при испытаниях модели, на натурный объект при соответствующей скорости натурности. Так как моделирование по закону подобия Рейнольдса в опытовом бассейне невозможно [1], то при испытаниях соответствие скоростей модели и натурности осуществляется по закону подобия Фруда. При таком моделировании возможно учесть только волновое сопротивление водоизмещающего судна.

В настоящее время используется два метода пересчёта результатов испытаний с модели на натуру, которые можно условно назвать методами Фруда и Хьюза [1].

По методу Фруда всё сопротивление модели состоит из двух независимых частей – сопротивление трения, определяемого расчётным путём для модели и натурального судна, и остаточного сопротивления, подчиняющегося закону Фруда. В состав моделируемого остаточного сопротивления включается и сопротивление формы, следовательно, сопротивление формы является автотельным.

На первом этапе эксперимента определяется сопротивление трения модели:

$$R_{FM} = C_{FM} \frac{\rho}{2} \Omega_M g_M^2, \quad (1)$$

где  $C_{FM}$  – коэффициент сопротивления трения модели, рассчитывается по формуле Прандтля-Шлихтинга;

$\Omega_M$  – смоченная поверхность модели;

$\rho$  – плотность жидкости;

$g_M$  – скорость перемещения модели.

Следует обратить внимание, что в формулу (1) скорость перемещения модели, которая обеспечивается приводом тяговой тележки, входит в квадрате. Следовательно, если скорость модели будет отклоняться от заданной величины хотя бы на 2%, отклонение сопротивления трения составит уже 4%.

Коэффициент остаточного сопротивления определяется по выражению [1]:

$$C_R = \frac{R_M - R_{FM}}{(\rho/2)\Omega_M v_M^2}, \quad (2)$$

где  $R_M$  – сопротивление модели (без выступающих частей).

Соответственная скорость натурального судна определится [1]:

$$g = g_M \sqrt{\frac{L}{L_M}} = \frac{g_M}{\sqrt{k}}, \quad (3)$$

где  $L$  – длина натуре;

$L_M$  – длина модели;

$k$  – коэффициент отношения длин натуре и модели.

Из выражения (3) следует, что скорость перемещения тележки зависит от скорости передвижения натуре прямо пропорционально. Так как в циркуляционном бассейне проводятся эксперименты не только на однотипных судах, у которых скорость передвижения одинакова, но и на судах разного типа и разного водоизмещения, то скорость перемещения модели должна варьироваться в широких пределах. Также следует учитывать, что момент нагрузки, создаваемый перемещаемой моделью судна, имеет переменный характер и изменяется в достаточно большом диапазоне. Это связано с различными условиями испытания модели и экспериментами с моделями различных судов.

Метод Фруда даёт надёжные результаты для грузовых теплоходов и барж внутреннего плавания. Для пассажирских судов более приемлем метод Хьюза, при котором всё сопротивление подразделяется на вязкостное (рассчитываемое) и волновое (моделируемое). На начальном этапе определяется значение коэффициента  $k$ . В этом случае экспериментальным путём при  $F_r=0,08 \div 0,10$  (когда волновое сопротивление можно считать пренебрежительно малым) определяется полное сопротивление модели и рассчитывается с помощью экстраполяторов трения сопротивление трения. При более высоких числах  $F_r$  расчёт сопротивления трения модели производят аналогично методу Фруда.

Помимо стандартных модельных испытаний, существует множество задач, как правило исследовательского характера, решаемых с помощью модельного эксперимента [1]. К ним можно отнести проверку результатов аналитических исследований, относящихся к отдельным составляющим сопротивления; определение сопротивления изолированных отдельных элементов судна; изучение масштабного эффекта, определение сопротивления в особых условиях плавания (вблизи стенки, в судоходном канале, на течении и т.п.). При проведении этих испытаний также немаловажным является значение скорости перемещения модели и её стабильность.

Особая точность в поддержании скорости перемещения модели требуется при определении присоединённых масс инерционным методом, при котором осуществляется замер усилий при нестационарном движении модели. Для определения присоединённых масс модель должна двигаться замедленным или ускоренным образом с известной величиной ускорения (замедления). В каждый момент времени фиксируется скорость и усилие на динамометре. Испытания, проведённые в ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет водного транспорта, показали, что влияние волнообразования на свободной поверхности может привести к увеличению присоединённой массы в 2 и более раз. Присоединённые массы при торможении всегда больше, чем при разгоне на 10–30%. Значение присоединённых масс не зависит от модуля ускорения, а однозначно определяется мгновенным значением

соответствующего числа Фруда. С ростом числа Фруда и относительной осадки присоединённые массы резко возрастают.

С учётом результатов экспериментов, анализа выражений для определения величин сопротивлений движущихся моделей судов, можно сформулировать требования к приводу тяговой тележки циркуляционного бассейна:

- привод должен обеспечивать высокую стабилизацию скорости перемещения тележки;
- система управления приводом должна обеспечивать широкий диапазон регулирования скорости перемещения;
- привод должен устойчиво работать при значительных изменениях момента нагрузки на тележке, что связано с необходимостью изменения осадки моделей, проведения экспериментов на моделях при различных условиях плавания;
- привод должен обеспечивать широкий диапазон изменения ускорения и замедления тележки, причём должен обеспечиваться не только линейный процесс разгона, но и с произвольно изменяющимися значениями ускорений;
- привод должен обладать высоким быстродействием.

Наиболее полно перечисленным требованиям удовлетворяет частотно-регулируемый электропривод переменного тока с асинхронным исполнительным электродвигателем. В структуру такого электропривода входит двухзвенный преобразователь частоты.

Рекомендуется использовать преобразователь частоты с векторным управлением, которое позволяет получить широкий диапазон регулирования угловой скорости асинхронного электродвигателя, высокую точность регулирования, увеличить быстродействие электропривода. Векторное управление обеспечивает непосредственное формирование вращающего момента электродвигателя, который определяется током статорной цепи, создающим основное магнитное поле машины. При непосредственном управлении моментом необходимо изменять, кроме амплитуды, фазу тока статора, то есть вектор тока. Для управления вектором тока, и, следовательно, положением магнитного потока статора относительно вращающегося ротора, требуется знать точное положение ротора в любой момент времени. Эта задача решается путём вычислений по математической модели электродвигателя, внесённой в программу системы управления частотным преобразователем, в которой используются значения токов и напряжений статорной обмотки. Векторное управление обеспечивает диапазон регулирования до 1:1000, с точностью регулирования до сотых долей процента при наличии внешнего датчика скорости вращения исполнительного электродвигателя, точность по моменту вращения – единицы процентов.

С учётом требований, предъявляемых к приводу тяговой тележки, перечисленных выше, можно сделать вывод о необходимости настройки системы управления скоростью вращения асинхронного электродвигателя [2]. Для обеспечения высокой стабилизации скорости перемещения тяговой тележки, которая прямо пропорциональна скорости вращения исполнительного электродвигателя, необходимо либо увеличить коэффициент усиления системы управления, либо использовать настройку на пропорционально-интегральный регулятор скорости. Для анализа этих способов была составлена структурная схема рассматриваемой системы и определены показатели качества переходных процессов при использовании различного типа регуляторов. Анализ проведённых расчётов показал, что при использовании пропорционального регулятора скорости необходимо большое значение коэффициента усиления, что неблагоприятно сказывается на перерегулировании (достигает 27%) и колебательности переходного процесса [2]. При использовании пропорционально-интегрального регулятора получаем высокую стабилизацию угловой скорости в установившемся режиме, а в переходных режимах – высокую колебательность. При этом момент нагрузки на валу исполнительного электродвигателя принимался постоянным. В реальных условиях в ходе проведения эксперимента момент нагрузки на валу не постоянен, а носит колебательный характер. При больших массах испытываемой модели колебания момента не оказывали существенного влияния на результаты экспериментов, так как эти колебания сглаживались за счёт кинетической энергии самой тележки. В рассматриваемом случае, для обеспечения быстроходности, тележка выполнена из легких материалов, что не позволяет накопить достаточное количество кинетической энергии для сглаживания колебаний момента, особенно характерных для переходных режимов. Поэтому была дополнительно исследована возможность использования пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) регулятора в качестве регулятора скорости асинхронного электродвигателя. В этом случае результат математического моделирования, которое

проводилось в среде MatLab 7.0, показал хорошие показатели стабилизации скорости в установившемся режиме (статическая погрешность на низшей скорости составила 0,5%) и в переходном режиме (перерегулирование по скорости отсутствует, число колебаний угловой скорости асинхронного электродвигателя не превышает 3) [2].

Выбранный тип преобразователя частоты обеспечивает настройку регуляторов скорости и тока в очень широком диапазоне, в том числе настройку на ПИД – регулятор с заданными значениями постоянных времени и коэффициентов усиления. Данная функция обеспечивается центральным процессором, входящим в состав системы управления преобразователем частоты.

При частотном регулировании скорости вращения асинхронного электродвигателя меняется угловая скорость магнитного поля статора:

$$\omega_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_1}{p}, \quad (4)$$

где  $\omega_1$  – угловая скорость вращения поля статора, с<sup>-1</sup>;  
 $f_1$  – частота тока статора, Гц;  
 $p$  – число пар полюсов статора.

Как видно из (4)  $\omega_1$  пропорциональна частоте  $f_1$  и не зависит от других величин для конкретной машины. Вместе с тем, изменяя  $f_1$ , следует изменять амплитуду напряжения статорной цепи для сохранения магнитного потока на определённом уровне:

$$\Phi = \frac{U}{4.44 \cdot W_1 \cdot f_1 \cdot k} \quad (5)$$

где  $U$  – напряжения статорной цепи, В;  
 $W_1$  – число витков статорной обмотки;  
 $k$  – коэффициент, зависящий от выполнения статорной обмотки.

Механические характеристики при частотном регулировании по закону  $U/f_1 = \text{const}$  будут иметь вид (рисунок 1).

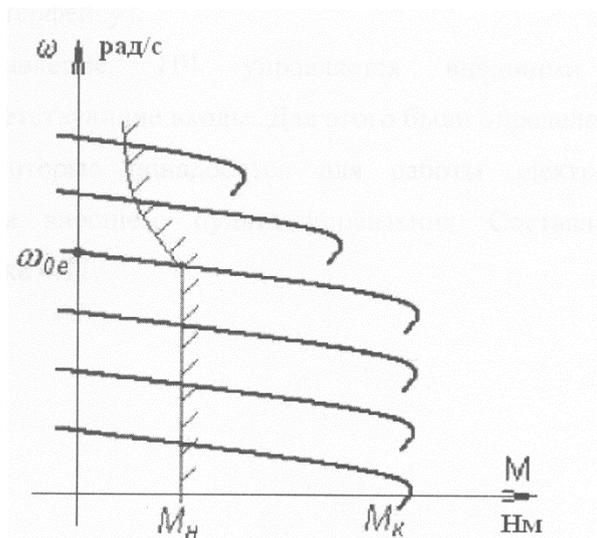


Рисунок 1 – Механически характеристики при частотном регулировании скорости асинхронного электродвигателя.

Как видно из механических характеристик (рисунок 1), при частотном регулировании можно реализовать регулирование угловой скорости асинхронного электродвигателя как вверх, так и вниз от основной скорости, при этом при регулировании вниз от основной скорости допустимой нагрузкой является номинальный момент электродвигателя, а при регулировании вверх от основной скорости допустимой нагрузкой является номинальная мощность на валу электродвигателя.

Большинство серийно выпускаемых преобразователей частоты могут работать в режимах «внешнего» управления, управления с пульта, комбинированного управления и

управления по последовательному интерфейсу. В циркуляционном бассейне рекомендуется использовать режим «внешнего» управления и управления с пульта.

При управлении с пульта можно задавать частоту вращения, выдавать команды управления, устанавливать параметры электропривода, получать информацию о сбоях в работе частотного преобразователя. Данный режим удобен для «быстрого» запуска и программирования параметров работы преобразователя частоты.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Павленко В.Г., Бавин В.Ф. Ходкость и управляемость судов. [Текст]: - М: Транспорт, 1991. – 398 с.
2. Романов М.Н. Оценка влияния упругих элементов на экспериментальные исследования в опытном бассейне НГАВТ. [Текст] //Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2005. - №1-2. – С. 170-176.

**REFERENCES**

1. Pavlenko V.G., Bavin V.F. Seaworthiness and controllability of vessels. [Text]: - M: Transport, 1991. – 398 p.
2. Romanov M.N. Evaluation of the influence of elastic elements on experimental studies in the NGAVT experimental pool. [Text] //Scientific problems of transport in Siberia and the Far East. - 2005. - No.1-2. – pp. 170-176.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *Циркуляционный опытовый бассейн, модель судна, скорость перемещения, метод Фруда.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Романов Марк Николаевич, старший преподаватель кафедры электрооборудования и автоматики ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

---

# АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПАТЕНТОВ В СФЕРЕ ЗАЩИТЫ ОТ ПОДТОПЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ ВСЛЕДСТВИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЛИВНЕВЫХ ОСАДКОВ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Л.В. Болтушкина

ANALYSIS OF DOMESTIC PATENTS IN THE FIELD OF PROTECTION AGAINST FLOODING OF TERRITORIES DUE TO EXTREME RAINFALL

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

T.N. Boltushkina (Master's student of SSUWT)

**ABSTRACT:** The article a retrospective patent analysis of 204 inventions issued by the Federal Service for Intellectual Property and Patents since 2000 has been carried out.

**Keywords:** Emergency, technosphere safety, flooding of residential areas, invention, international patent classification.

В статье проведен ретроспективный патентный анализ 204 изобретений, выданных Федеральной службой по интеллектуальной собственности и патентам, в период с 2000 года.

Для крупных городов, расположенных вблизи крупных водоемов в жаркий летний период характерны сильные ливни, из-за особенностей застройки и характера покрытий территорий приобретающие признаки экстремальных. Вследствие подобных атмосферных явлений происходят наводнения, происходит быстрый подъем уровня воды на селитебных территориях и их подтопление. Вторичными последствиями таких явлений является угроза прочности различного рода сооружений в результате размыва и подмыва, подтопление емкостей с канализационным стоком и осложнение санитарно-эпидемиологической обстановки, обрывы и короткие замыкания электрических кабелей с угрозой возникновения пожаров, оползни, обвалы, аварии на транспорте, на жилых и промышленных объектах.

Масштабы последствий зависят от продолжительности стояния опасных уровней воды, скорости потока, площади затопления, сезона, плотности населения и интенсивности жизнедеятельности на определенном участке местности, наличия инфраструктуры по недопущению возникновения предпосылок к подобного рода катаклизмам.

В населенных пунктах для минимизации рисков подтоплений в качестве основных методов для сбора и отвода воды используются дренажи и ливневые канализации. Дренаж – способ удаления подземных вод или воды с поверхности земли. Дренажная система – это разветвленная структура расположенных по всему периметру объекта и связанных между собой труб и колодцев. Она предназначена для предотвращения проникновения воды в здания и сооружения, предотвращения разрушения фундамента, отведения избытка воды с территории. Ливневая канализация представляет собой систему труб, дождеприемников и лотков, предназначенную для сбора и отвода дождевых и талых вод с кровли зданий, дорог и площадей.

Новые подходы к организации жилой застройки в крупных городах требует новых подходов к обеспечению безопасности населения. Развитие данной отрасли знаний целесообразно анализировать при помощи патентных. Объектами патентных прав являются результаты интеллектуальной деятельности в технической сфере, это могут быть изобретения и полезные модели.

Все патенты структурированы в соответствии с Международной патентной классификацией изобретений (МПК), имеющей базовый и расширенный уровень. В МПК все патенты сгруппированы на восемь разделов (Таблица 1)

Изобретения, связанные с отводом поверхностных вод сгруппированы в разделе Е «Строительство и горное дело» в подклассе E03F «Канализационные системы, сточные колодцы». В период с 2000 по 2022 гг Роспатентом ежегодно в среднем регистрировались 8,8 патентов на изобретения, полезные модели, промышленные образцы.

Цель исследования – анализ отечественных патентов на изобретения и полезные модели в сфере безопасности от затопления и подтопления селитебных территорий атмосферными осадками.

Таблица 1 – Архитектура МПК 2022

Раздел	Под раздел	Класс/ подкласс	Группа/ подгруппа	Рубрика
A	УДОВЛЕТВОРЕНИЕ ЖИЗНЕННЫХ ПОТРЕБНОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА			
B	РАЗЛИЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ; ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ			
C	ХИМИЯ; МЕТАЛЛУРГИЯ			
D	ТЕКСТИЛЬ; БУМАГА			
E	СТРОИТЕЛЬСТВО И ГОРНОЕ ДЕЛО			
		<b>СТРОИТЕЛЬСТВО</b>		
		<b>E03</b>	<b>Водоснабжение, канализация</b>	
			<b>E03F</b>	Канализационные системы; сточные колодцы
			1/00	<b>Способы, системы и установки для спуска сточных или ливневых вод</b>
			3/00	<b>Канализационные трубопроводные системы</b>
			5/00	<b>Канализационные сооружения</b>
			7/00	<b>Прочие устройства для обеспечения работы канализационных систем</b>
			9/00	<b>Устройства или стационарные установки для очистки канализационных труб</b>
			11/00	<b>Сточные колодцы</b>
F	МАШИНОСТРОЕНИЕ; ОСВЕЩЕНИЕ; ОТОПЛЕНИЕ; ОРУЖИЕ И БОЕПРИПАСЫ; ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ			
G	ФИЗИКА			
H	ЭЛЕКТРИЧЕСТВО			

Объектом исследования стала база данных изобретений Федерального института промышленной собственности (ФИПС) Роспатента. Алгоритм поиска включал следующую последовательность действий: главная страница – раздел «Информационные ресурсы» – «Информационно-поисковая система» – «Патентные документы РФ» – «рефераты российских изобретений» – «Поиск». Поиск осуществлялся по ключевому словосочетанию «ливневая канализация».

Распределение количества патентов по годам были исследованы посредством анализа динамических рядов с построением полиномиального тренда второго порядка, коэффициент детерминации составил  $R^2 = 0,4$  (рисунок 1)

График показывает положительную динамику изобретательского интереса в изучаемой сфере. Детальный анализ содержания патентов позволил разделить их на условные группы:

- патенты, связанные с разработками отдельных конструктивных элементов системы ливневки («элементы»);
- патенты, обеспечивающие процесс фильтрации стоков («фильтры»);
- патенты, позволяющие принципиально усовершенствовать систему ливневой канализации («система»);
- патенты, связанные с контролем эффективности эксплуатации ливневой канализации («эксплуатация»).



Рисунок 1 – Динамика количества изобретений в сфере модернизации ливневой канализации

Распределение на выделенные группы показало, что за анализируемый период патенты, отнесенные к первой группе, составляют 29%, ко второй – 41%, к третьей – 16% и к четвертой – 14%. (рисунок 2).

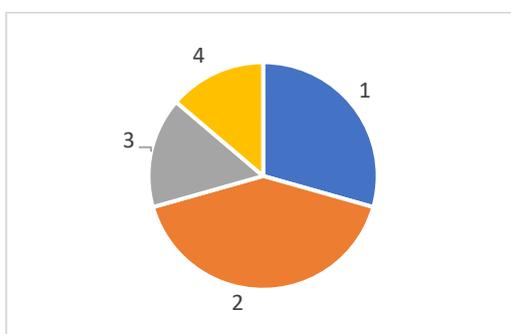


Рисунок 2 – Распределение патентов по направлениям

В это же время интересно наблюдать, как менялся изобретательский интерес к тому или иному направлению в динамике (рисунок 3).

При общем росте числа патентов наблюдалось снижение интереса в области оценки эффективности и контроля качества, при этом наблюдалось достоверное увеличение количества патентов в области разработки и совершенствования отдельных элементов.

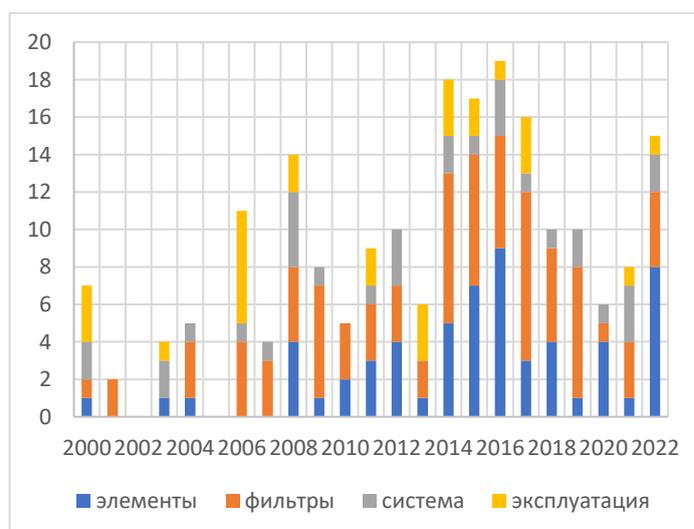


Рисунок 3 – Динамика патентной активности в сфере обустройства ливневой канализации с учетом анализа направлений исследований

В целом в заключение следует сказать, что система ливневой канализации интересный и важный, но при этом очень сложный объект городской хозяйственной службы. Безусловно, развивать данное направление научных исследований необходимо в связи с высокими темпами урбанизации, изменениями экологической ситуации в крупных агломерациях, в частности, в городах-миллионниках. Проведенный анализ позволяет прогнозировать развитие отрасли знаний в сфере совершенствования систем ливневых канализаций для обеспечения безопасности селитебных территорий от затопления и подтопления атмосферными осадками.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Игнатов, В.Г. Экология и экономика природопользования / В.Г. Игнатов, А.В. Кокин, 2003. – 418 с
2. Попов В.К., Серяков С.В. Техногенное подтопление как фактор, влияющий на стабильное функционирование городов / В.К. Попов, С.В. Серяков // Вестник ТГАСУ, 2006. - № 2. – С. 131.
3. Прогнозы подтопления и расчет дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях. – М. : Справочное пособие к СНиП, 1991. – 272 с.
4. Серяков, С.В. Управление инженерной инфраструктурой в рамках экологизации городского хозяйства / С.В. Серяков // Проблемы ресурсов и геоэкология. – Пенза, 2006 – 79 с.
5. Серяков, С.В. Экологизация систем жизнеобеспечения / С.В. Серяков // Вестник ТГАСУ. – Томск, 2006 – 74 с.
6. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М. : Стройиздат, 1985. – 36 с.
7. Тетиор, А. XXI век – век создания экологичной среды обитания / А. Тетиор // Строительная газета. – 2005. – № 20.

**REFERENCES**

1. Ignatov, V.G. Ecology and economics of nature management / V.G. Ignatov, A.V. Kokin, 2003. – 418 p
2. Popov V.K., Seryakov S.V. Technogenic flooding as a factor affecting the stable functioning of cities / V.K. Popov, S.V. Seryakov // Bulletin of TSASU, 2006. - No. 2. – p. 131.
3. Forecasts of flooding and calculation of drainage systems in built-up and built-up areas. - M. : Reference handbook to the SNiP, 1991. – 272 p.
4. Seryakov, S.V. Management of engineering infrastructure within the framework of urban ecologization / S.V. Seryakov // Problems of resources and geoecology. – Penza, 2006 – 79 p.
5. Seryakov, S.V. Ecologization of life support systems / S.V. Seryakov // Bulletin of TSATSU. – Tomsk, 2006 – 74 p.
6. SNiP 2.04.02-84. Water supply. Outdoor networks and structures. – M. : Stroyizdat, 1985. – 36 p
7. Tetior, A. XXI century – the century of creating an ecological habitat / A. Tetior // Stroitel'naya Gazeta. – 2005. – № 20.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *Чрезвычайная ситуация, техносферная безопасность, подтопление жилых территорий, изобретение, Международная патентная классификация.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Болтушкина Татьяна Николаевна, магистр ФГБОУ ВО «СГУВТ»*  
*Гусейнова Дарья Федоровна, студент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Д.А. Ефременко

### PROBLEMS OF INTRODUCING GRAPHIC PROGRAMS INTO THE CURRICULA OF HIGHER EDUCATION

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

D.A. Efremenko (Post-graduate student of SSUWT)

**ABSTRACT:** In this article, we will consider the issues of distance learning in higher education, focusing on the socio-psychological aspects of this process. The author gives a definition and shows the main advantages and disadvantages of distance learning in higher education in the socio-psychological aspect, and also analyzes the point of view of researchers on this phenomenon. It can be concluded that distance learning is one of the most relevant areas in the education of higher education, however, it is necessary to take into account its socio-psychological characteristics.

**Keywords:** Distance learning, higher education, socio-psychological aspect, student, teacher, digital environment, modern technologies.

В данной статье мы рассмотрим вопросы дистанционного обучения в высшей школе, ориентируясь на социально-психологические аспекты этого процесса. Автор приводит определение и показывает основные преимущества и недостатки дистанционного обучения в высшей школе в социально-психологическом аспекте, а также анализирует точку зрения исследователей на этот феномен. Можно заключить, что дистанционное обучение является одним из наиболее актуальных направлений в образовании высшей школы, однако необходимо учитывать его социально-психологические особенности.

В свете современных условий, когда в образовании существует несколько форм обучения, включая очную, очно-дистанционную, заочную, экстернат и дистанционную, тема, которую мы заявляем, остается актуальной и требует внимания. Особенно коронавирусный кризис 2020 года, который привел к закрытию школ и вузов для посещений, но не мешал непрерывной деятельности, подчеркнул важность дистанционного обучения, в том числе в высшей школе. Однако, процесс дистанционного обучения сопряжен с рядом трудностей, включая социально-психологические аспекты, которые требуют более пристального изучения.

Цель данного исследования - проанализировать особенности дистанционного обучения в высшей школе с точки зрения социально-психологических аспектов. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- дать краткую характеристику дистанционного обучения в высшей школе;
- проанализировать социально-психологические особенности дистанционного обучения в высшей школе.

Цель исследования – изучение процесса дистанционного образования на уровне высшей школы, а также выявление социально-психологических факторов, влияющих на него. Ключевым объектом изучения является процесс дистанционного обучения в высшем образовательном учреждении, тогда как предметом исследования выступают социально-психологические особенности этого процесса.

Обучение на расстоянии, или ОНР, относится к методам обучения, где студент находится в удаленном от учебного заведения месте. Этот метод может использоваться предельно самостоятельно, либо относительно самостоятельно, когда сочетается с традиционными формами обучения в классе. Особенности ОНР, такие как удаленность ученика от преподавателя во времени и пространстве во время всего процесса обучения, участие обучающего зарубежного местонахождения в формировании учебных материалов и процессах контроля, использование технологических средств и обеспечение связи между учениками и преподавателями, делают его уникальным методом обучения. Но в онлайн-обучении возникают определенные трудности в коммуникации между тремя группами участников – администрацией вуза, студентами и преподавателями - вследствие особенностей такой формы обучения. Взаимодействие между ними осуществляется в виртуальной среде. [8].

А.Н. Леонтьев, выдающийся ученый-психолог СССР уже в 1972 году сделал вывод, что мозг человека «виртуально включает в себя не определенные характерные способности, приходящие исключительно человеку, а лишь способности к формированию этих способностей» [7]. В современных исследованиях виртуальной психологической реальности использование

данной терминологии означает "реальность, которая создается человеческим разумом и воспринимается им как часть объективной реальности" [2].

Современное образование возможно благодаря развитию технологий и внедрению дистанционного обучения. Эффективное использование его возможностей позволяет не только преподавателям включать современные технологии в учебный процесс, но и ученикам – овладеть необходимыми знаниями и технологиями.

Введение в образовательную систему дистанционного обучения поднимает вопросы, связанные с трансформацией образовательного процесса. Различные подходы к организации процесса обучения направлены на выбор наилучших форм и средств для обучения, правильного взаимодействия преподавателей и учеников, разработки эффективных педагогических технологий, системы оценивания и др. При этом важно учитывать психолого-педагогические особенности процесса дистанционного обучения. Они включают в себя учет возрастных, психологических и индивидуальных особенностей обучаемых, изучение координации двигательной и визуальной функций, формирование мотивации к учебе и объективной оценкой прогресса учеников.

В своей статье А.В. Лейф и Е.В. Павлова обращают внимание на важность психологической готовности преподавателей к работе в новых условиях [6]. Однако, как отмечают Э.Ф. Зеер и его соавторы, далеко не все преподаватели проявляют интерес к использованию электронных ресурсов и не всегда готовы к активному использованию информационных технологий [4]. В свою очередь, О.В. Кузьмина подчеркивает, что в структуре готовности преподавателей важную роль играют установки и мотивы личности, эмоциональные, когнитивные и социально-психологические компоненты [5].

Также стоит учитывать тот факт, что высокая нагрузка может негативно сказываться на психологическом состоянии преподавателей, вызывая у них апатию, тревожность и напряженность, что в свою очередь усложняет процесс внедрения новых технологий и изменений. Для того чтобы успешно адаптироваться к новым условиям, преподаватели должны разделять общие цели и ценности организации, быть вовлеченными в работу и взаимодействие.

Многие исследования также выделяют важность расширения компетенций, которые позволяют быстро адаптироваться к изменяющимся условиям цифровой среды.

В своём исследовании О.Н. Бекетова и С.А. Демина обсуждают коммуникативные проблемы в образовательном процессе, вызванные цифровизацией [1]. Одной из таких проблем является изменение роли учителя и студента. Изменение личности преподавателя может сильно повлиять на восприятие материала студентами и стимулировать их самостоятельность.

При дистанционной форме обучения традиционные функции учителя, такие как "носитель знаний", рассказчик и контролер, становятся менее значимыми. Как отмечает Д.Э. Гаспарян, дистанционное обучение изменяет отношения между участниками учебного процесса, и роль учителя снижается [3]. Кроме того, в дистанционном обучении преподавателю приходится играть новые роли, такие как разработчик курса, методолог, технический специалист и дизайнер. Развитие технологических платформ требует от учителя постоянного обучения и развития новых навыков.

Необходимо подчеркнуть роль педагога в качестве тьютора, который не только обеспечивает мотивацию и поддержку в образовании, но и ориентирует на поток информации, а также помогает преодолевать сложности и достигать образовательных целей. Например, Х.М. Ханapieва отмечает, что студенты, обучающиеся дистанционно, путем электронных средств, часто испытывают чувство одиночества и сомнения в своих способностях [9]. Если они не видят, что им предоставят помощь при возникновении учебных проблем, это может привести к их отказу продолжать обучение. Поэтому важна поддержка преподавателей для таких студентов.

Одно из основных принципов высшего образования – это не только передача знаний, но и формирование личности студента и поддержание его психологического комфорта во время обучения. В эпоху цифровых технологий это особенно важно, учитывая быстрое изменение общественной среды. Проведение теоретического анализа существующих исследований о рисках цифрового обучения в высшей школе с позиции социально-психологических эффектов, позволяет сделать выводы.

1. В настоящее время высшее образование стало свидетелем существенных трансформаций в связи с применением цифровых технологий в обучении. Но, чтобы эти изменения

были результативными, необходимы новые педагогические и психологические теории, которые стали бы основой для преподавания в университетах и помогли бы найти баланс между традиционными и виртуальными методами обучения. Важно также понять роль каждого участника образовательного процесса и определить, как могут они взаимодействовать в условиях цифрового обучения.

2. Переосмысление дидактики в высшем образовании требует новых стандартов качества обучения. Современная модель обучения предъявляет определенные требования к преподавателям, которые должны обладать новыми компетенциями и умениями, необходимыми для сохранения конкурентоспособности на рынке образовательных услуг. Кроме того, в условиях развития цифровых технологий возникают новые требования к обучению, что требует от преподавателей специальной психологической подготовки для работы в экстренных ситуациях. С другой стороны, студентам необходимо соответствовать требованиям современных работодателей в цифровой экономике, что делает необходимым для них освоение новых цифровых технологий и специальной подготовки.

3. Согласно исследователям, значительное количество психологических рисков связано с изменением межличностных коммуникаций в образовательном процессе. Важно отметить, что цифровое общение не предоставляет полного сенсорного опыта, который является важной составляющей взаимодействия. Онлайн-ресурсы не могут обеспечить полной эмоциональной связи между студентами и преподавателями, а также не поддерживают социальные взаимодействия между студентами. Кроме того, они не могут предоставить полного понимания и знания обучающегося материала. В результате цифровое общение может привести к деградации речи.

4. Существует серьезная опасность нарушения информационно-психологической безопасности личности в рамках педагогического процесса, которая может привести к нарушению психологического комфорта студента и преподавателя, а также негативно повлиять на их психическое здоровье и развитие. Учитывая важность этого фактора, необходимо обеспечить подходящие условия для использования информационных инноваций, которые бы не оказали отрицательного влияния на эмоциональное состояние субъектов образовательного процесса.

5. Происходит изменение ролей участников учебного процесса. Взаимодействие между преподавателем и студентом теперь происходит через использование цифровых инструментов.

6. Становится наиболее актуальным новый тип студента, который ориентируется на соответствие требованиям цифровой эпохи. Этот тип студента характеризуется изменением ценностных ориентаций, социальных установок, мировоззрения и способа мышления. [10].

Подводя итог тому, что было сказано выше, следует отметить, что в российском образовании уже есть некий опыт дистанционного обучения. Современные образовательные технологии уже внедрены в программы обучения для разных направлений и уровней подготовки специалистов высшего образования. Существует возможность получать знания, не ограничивая себя временными рамками и местом нахождения, а также заниматься параллельно по нескольким специальностям, контролировать свой прогресс и многое другое. Одним словом, дистанционное обучение становится все более популярным и востребованным в настоящее время.

Однако, неожиданный перевод на новый режим обучения стал призывом для системы образования, в особенности, в российских университетах, и выявил множество проблем и рисков в педагогических и социально-психологических аспектах.

Согласно исследованиям, проведенным в области социально-психологических аспектов дистанционного обучения, становится явным, что цифровое обучение в высших учебных заведениях, в частности его психологические аспекты, требуют особого внимания и учета возможных рисков. Кроме того, определены важные направления для усовершенствования взаимодействия между субъектами образовательного процесса в дистанционных условиях и для оказания психологической поддержки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бекетова О.Н., Демина С.А. Дистанционное образование в России: проблемы и перспективы развития // Социально-гуманитарные знания. – 2018. – №1. – С. 69-78.
2. Брудный А., Демильханова А. Двойники. Психология игры и виртуальная реальность. – 2018. - Электронный ресурс.

REFERENCES

1. Kuchukova Tatyana Vasilievna Features of the construction of the educational process in the teaching of drawing and graphic disciplines // Russian Journal of Education and Psychology. 2015. No. 9 (53). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-postroeniya-uchebnogo-protsessa-pri-prepodavanii>

- URL: <https://obu4ayka.ru/bez-rubrild/virtualnaya-psihologiya-psihologiya.html> (дата обращения 10.03.2023).

3. Гаспарян Д.Э. Этические дилеммы применения информационных технологий в сфере образования: российский и зарубежный опыт // Вестник МГУКИ. – 2020. – №1. – С. 99-110.

4. Зеер Э.Ф., Ломовцева Н.В., Третьякова В.С. Готовность преподавателей вуза к онлайн-образованию: цифровая компетентность, опыт исследования // Педагогическое образование в России. – 2020. – №3. – С. 26-39.

5. Кузьмина О.В. Методика диагностики личностных дезорганизаторов времени / О. В. Кузьмина // Психологические исследования. – 2011. – №6 (20). – Электронный ресурс. - URL: <http://psystudy.ru/index.php/num/2011n6-20/569-kuzmina20.html> (дата обращения: 10.03.2023).

6. Лейфа А.В., Павлова Е.В. Обоснование модели исследования готовности преподавателей вуза к профессиональной деятельности в условиях цифровизации образования // Педагогика и психология образования. – 2020. – №1. – С. 78-93.

7. Леонтьев А.Н. Биологическое и социальное в психике человека. В кн.: Проблемы развития психики. - М.: Изд-во МГУ, 1981. - С. 193-218.

8. Мукова Л.А. Из практики дистанционного обучения бакалавров в вузе (социально-психологические аспекты) // Психология человека в образовании. – 2020. – Т. 2. - №2. – С. 157-165.

9. Ханapieва Х.М. Особенности работы преподавателя при дистанционной форме обучения // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Психолого-педагогические науки. – 2017. – № 2 (11). – С. 78-82.

10. Яруллина Л.Р. Цифровое обучение в высшей школе: психологические риски и эффекты // Мир науки. Педагогика и психология. – 2020. - №6. - Том 8. – С. 1-10.

chertezhno-graficheskikh-distiplin

2. Aigunyan Marina Aleksandrovna Priorities of graphic programs in computer design // Bulletin of RUDN University. Series: Engineering research. 2012. No. 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prioritety-graficheskikh-programm-v-kompyuternom-proektirovanii>

3. Grigorevskaya Lyudmila Petrovna, Grigorevsky Lev Borisovich, Freiberg Svetlana Alekseevna Engineering and graphic training of a specialist in a university using information technologies // Siberian Pedagogical Journal. 2009.

4. Zeer E.F., Lomovtseva N.V., Tretyakova V.S. Readiness of University Teachers for Online Education: Digital Competence, Research Experience // Pedagogical Education in Russia. - 2020. - No. 3. - P. 26-39.

5. Kuzmina O.V. Methods of diagnosing personal time disorganizers / O. V. Kuzmina // Psikhologicheskie issledovaniya. - 2011. - No. 6 (20). - Electronic resource. - URL: <http://psystudy.ru/index.php/num/2011n6-20/569-kuzmina20.html> (date of access: 03/10/2023).

6. Leifa A.V., Pavlova E.V. Substantiation of the model for studying the readiness of university teachers for professional activity in the conditions of digitalization of education. Pedagogika i psikhologiya obrazovaniya. - 2020. - No. 1. - P. 78-93.

7. Leontiev A.N. Biological and social in the human psyche. In: Problems of development of the psyche. - M.: Publishing House of Moscow State University, 1981. - P. 193-218.

8. Mukova L.A. From the practice of distance learning for bachelors at the university (social and psychological aspects) // Human Psychology in Education. - 2020. - Vol. 2. - No. 2. - P. 157-165.

9. Khanapieva Kh.M. Features of the teacher's work in distance learning // Bulletin of the Dagestan State Pedagogical University. Psychological and pedagogical sciences. - 2017. - No. 2 (11). - P. 78-82.

10. Yarullina L.R. Digital learning in higher education: psychological risks and effects // World of Science. Pedagogy and psychology. - 2020. - No. 6. - Volume 8. - P. 1-10.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Дистанционное обучение, высшая школа, социально-психологический аспект, студент, преподаватель, цифровая среда, современные технологии.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Ефременко Дмитрий Анатольевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## НЕСТАНДАРТНЫЕ РЕШЕНИЯ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕРАВЕНСТВА КОШИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

О.Г. Куделин

### NON-STANDARD SOLUTIONS OF ALGEBRAIC EQUATIONS WITH INEQUALITY CAUCHY

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

O.G. Kudelin (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of the Department of Higher Mathematics and Informatics of SSUWT)

**ABSTRACT:** This article proposes a solution method based on the use of the well-known numerical Cauchy inequality, which makes it possible to simplify finding a solution to equations.

**Keywords:** Cauchy inequality.

В данной статье предлагается метод решения на основе использования известного числового неравенства Коши, который позволяет упрощать нахождение решения уравнений.

В данной статье для решения некоторого класса задач предлагается использовать неравенство Коши [1], которое составной частью входит в более общую цепочку неравенств об алгебраических средних двух положительных числах

$$\min(a,b) \leq \sqrt{ab} \leq \sqrt{\frac{a+b}{2}} \leq \max(a,b), \quad (1)$$

которое обращается в равенство тогда и только тогда, когда  $a = b$ .

Однако, решение некоторых алгебраических уравнений классическим подходом с использованием неравенства Коши весьма и весьма затруднительно, если вообще возможно. В этой

связи возникает необходимость поиска искусственных приемов, которые позволили бы упростить условия алгебраического уравнения с тем, чтобы для его решения можно было бы применить неравенство Коши.

Целью данной статьи является как раз поиск и применение таких искусственных приемов. Для подтверждения правильности полученных результатов приводятся проверки.

Рассмотрим ряд задач, позволяющих на основе (1) находить нестандартное решение поставленных задач.

Задача 1. Найти точку минимума функции

$$y(x) = \frac{32}{x^4} + x + 5, \quad x > 0$$

Решение данного уравнения предполагает поиск решения 5-ой степени, что даже для подготовленного математика может представить невероятно сложную, практически невыполнимую, задачу. Поэтому, если хочется найти ответ поставленной задаче, можно воспользоваться известным неравенством Коши. При этом исключим константу (5) из рассмотрения и решим следующее уравнение.

$$\frac{32}{x^4} = x.$$

При положительных  $x$  в силу неравенства Коши, имеем

$$\frac{32}{x^4} + x \geq 2\sqrt{32 \cdot 1} = 16.$$

Равенство в этом выражении достигается при условии

$$\frac{32}{x^4} = x \Leftrightarrow x^5 = 32 \Leftrightarrow x = \sqrt[5]{32} = 2,$$

откуда следует, что  $x = 2$ .

Таким образом, можно считать, что точка минимума заданной функции уже определена, а значит и определен ответ указанной задачи.

Ответ:  $\min y(x) = y(2) = 9$

Чтобы убедиться в правильности полученного результата, построим график функции

$y(x) = \frac{32}{x^4} + x + 5, x > 0$ , (рисунок 1) который и подтверждает нахождение правильного определения указанной точки минимума и ее значения.

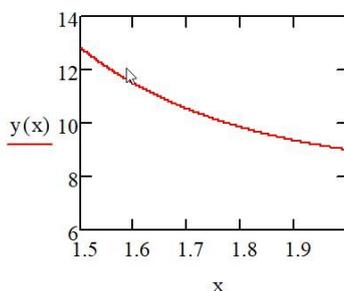


Рисунок 1 – Показан график функции,  $\min y(x) = y(2) = 9$

Задача 2. Найти точку максимума функции

$$y(x) = \frac{x}{256 + x^2}, \quad \forall x > 0.$$

В том виде, в котором представлена задача, решение ее связано со значительными сложностями.

Однако, если задаться нахождением не максимума этой функции, а ее минимума, перевернув дробь в заданной функции, то достичь результата будет значительно проще.

Продемонстрируем именно такой подход, при котором возможно использование неравенства Коши.

При положительных  $x$  имеем

$$\frac{256x^2}{x} = \frac{256}{x} + x \geq 2\sqrt{256 \cdot 1} = 32 \quad (2)$$

Причем равенство в выражении (2) достигается в случае, когда

$$\frac{256}{x} = x \Rightarrow x = 16.$$

В этой точке функция (2) имеет минимум

$$y(x) = \frac{256 + x^2}{x}, \forall x > 0,$$

а значит изначально заданная функция имеет максимум в этой же найденной точке.

Ответ:  $\max(y(x)) = y(16) = \frac{16}{256 + 16^2} \approx 0.031$

Чтобы убедиться в правильности полученного результата, построим график функции  $y(x) = \frac{x}{256 + x^2}, \forall x > 0$ , (рисунок 2) который и подтверждает нахождение правильного определения указанной точки максимума и ее значения.

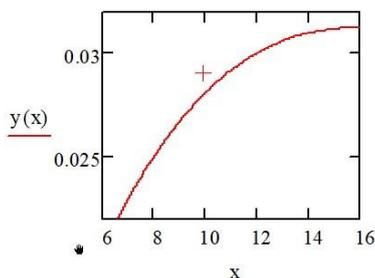


Рисунок 2 – Показан график функции  $\max(y(x)) = y(16) = 0,031$

Задача 3. Найти наименьшее значение функции

$$y(x) = \frac{36 + x^2}{x} - 5 \quad (3)$$

на отрезке  $x \in [2, 8]$ .

Начнем с того, что исключим из решения константу (-5) как не влияющую на нахождение наименьшего значения функции  $y(x)$ .

При положительных  $x$ , в силу неравенства Коши, имеем

$$\frac{36 + x^2}{x} = \frac{36}{x} + x \geq 2\sqrt{36 \cdot 1} = 12.$$

Равенство в предлагаемом неравенстве достигается при

$$\frac{36}{x} = x \Leftrightarrow x = 6, x \in [2, 8],$$

что соответствует условию задачи.

Подставляя полученное значение в заданную функцию (3), находим ее наименьшее значение:

$$\min(y(x)) = y(6) = 7$$

Ответ:  $\min(y(x)) = y(6) = 7$

Чтобы убедиться в правильности полученного результата, построим график функции

$y(x) = \frac{36 + x^2}{x} - 5$ , (рисунок 3) который и подтверждает нахождение правильного определения указанной точки минимума и ее значения.

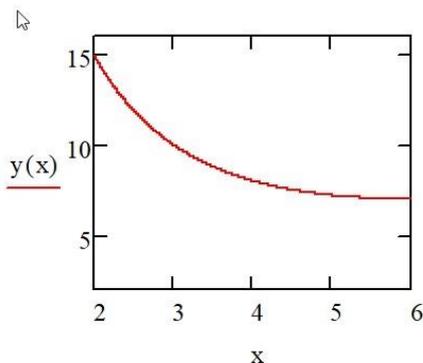


Рисунок 3 – Показан график функции,  $\min(y(x)) = y(6) = 7$

Таким образом, предложенный метод с применением некоторых упрощений, показанных в данной статье, позволяет использовать неравенство Коши и находить решения некоторого класса алгебраических уравнений, представляющих большие сложности при использовании методов классической математики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фихтенгольц Г.М. Основа математического анализа. Том 1. Сиб.: «Лань», 2001, 440с

REFERENCES

1. Fikhtengolts G.M. Basis of mathematical analysis. Volume 1. Sib.: "Doe", 2001, 440p

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *Неравенство Коши.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** *Куделин Олег Георгиевич, кандидат технических наук, доцент кафедры Высшей математики и информатики ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** *630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ВЕКТОРНОЙ АЛГЕБРЕ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВРЕМЕНИ КОНТАКТНОЙ РАБОТЫ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

**Е.Н. Кадышева**

### THE USE OF INTERACTIVE TOOLS FOR TEACHING STUDENTS VECTOR ALGEBRA IN CONDITIONS OF A SHORTAGE OF CONTACT WORK TIME

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**E.N. Kadysheva** (Senior Lecturer of the Department of Higher Mathematics and Informatics of SSUWT)

**ABSTRACT:** In recent years, the number of hours devoted to the study of higher mathematics in general and such a section of it as Vector algebra has greatly decreased. In the conditions of a severe shortage of academic hours of contact work, the teacher has no other option but to speed up and optimize the presentation of the material that must be mastered in full. Interactive tools allow us to solve this problem, both at the level of training and at the level of organizing independent work and knowledge control. This article provides an example of the organization of interactive learning using the software developed by the author.

**Keywords:** *Mathematics. Vector algebra. Interactive learning software.*

В последние годы количество часов, отводимых на изучение высшей математики в целом и такого ее раздела, как Векторная алгебра, значительно сократилось. В условиях острой нехватки академических часов контактной работы у преподавателя нет другого выбора, кроме как ускорить и оптимизировать изложение материала, который должен быть освоен в полном

объеме. Интерактивные инструменты позволяют решить эту проблему, как на уровне обучения, так и на уровне организации самостоятельной работы и контроля знаний. В данной статье приведен пример организации интерактивного обучения с использованием программного обеспечения, разработанного автором.

Для многих специальностей СГУВТ такой раздел высшей математики как векторная алгебра является необходимым, создающим основу для дальнейшего обучения и изучения специализированных дисциплин. Поэтому очень важно, чтобы студенты хорошо усвоили этот материал. Однако за последние годы сильно сократилось число часов, отводимых на этот раздел высшей математики. На первом курсе обучающиеся всех направлений подготовки СГУВТ изучают дисциплину Математика, разделом которой и является Векторная алгебра. Например, согласно рабочей программе для направления подготовки УВТП (Управление водным транспортом и гидрографическое обеспечение судоходства) на изучение векторной алгебры отводится 8 лекционных часов, 8 часов практических занятий (всего 4 двухчасовых занятия) и 8 часов самостоятельной работы.

Получается, что на каждом практическом занятии необходимо объединять несколько тем. Занятия получаются очень насыщенными новым материалом. Рассмотрим распределение тем на практических занятиях для направления подготовки УВТП.

Практическое занятие 1. Понятие вектора, модуль вектора, единичный и нулевой векторы. Компланарность и коллинеарность векторов. Базис на плоскости и в пространстве. Разложение вектора по базису. Координаты вектора в старом и новом базисах. Ортонормированный базис.

Практическое занятие 2. Нахождение координат вектора по известным координатам начала и конца вектора. Линейные операции над векторами (умножение вектора на число, сложение векторов, вычитание векторов). Условие коллинеарности векторов. Скалярное произведение двух векторов. Применение скалярного произведения к решению задач (нахождение модуля вектора, угла между векторами, проекция вектора на вектор, условие ортогональности векторов). Направляющие косинусы вектора.

Практическое занятие 3. Векторное произведение двух векторов. Свойства векторного произведения. Применение векторного произведения к решению задач (площадь треугольника, площадь параллелограмма, угол между векторами).

Практическое занятие 4. Смешанное произведение трёх векторов. Свойства смешанного произведения. Упорядоченные тройки векторов (левая и правая). Применение смешанного произведения к решению задач (объём прямоугольного и непрямоугольного параллелепипеда, объём пирамиды, условие компланарности трёх векторов).

Для других направлений подготовки возможно другое распределение часов и тем по данному разделу высшей математики. Для тех направлений подготовки, где на векторную алгебру отводится 10 часов практических занятий, темы первого и второго практических занятий распределяются на три занятия, а следующие два занятия остаются такими же. Либо темы также распределяются на 4 занятия, а на последнем занятии проводится контрольная работа. Но ни для одного направления подготовки не выделяется на векторную алгебру более 10 часов практических занятий.

Таким образом получается, что необходимо в короткие сроки изучить большой объём учебного материала, отработать решение основных задач и проверить качество усвоения. На проведение полноценной часовой, а уж тем более двухчасовой, контрольной работы просто нет времени. Поэтому контрольную работу в стандартной форме было решено заменить на небольшие проверочные работы в начале каждого занятия и аудиторное время каждого практического занятия распределять следующим образом: 5-10 минут занимает проверочная работа по темам предыдущего занятия, 10 минут вспоминаются основные формулы по темам нынешнего занятия, 20-25 минут преподаватель разбирает решение типовых задач на доске. Всё это занимает 1 академический час, после чего следует маленькая перемена (5 минут). После перемены (в течение следующего академического часа) обучающиеся самостоятельно решают аналогичные задачи. В конце занятия выдаётся домашнее задание.

С понятием вектора происходит знакомство ещё в 8 классе школы, тем не менее большинство первокурсников практически ничего не помнят про векторы из школьного курса и даже побаиваются этой темы, так как помнят, что в школе испытывали трудности при

изучении тем, связанных с векторами. Это накладывает негативный психологический отпечаток, что создаёт дополнительные трудности при изучении этого раздела высшей математики.

С целью улучшения качества обучения и облегчения работы преподавателя в 2007 году была разработана компьютерная программа «Тренажёр по векторной алгебре» [1]. Эта программа удобна для обучения и отработки навыков решения стандартных (базовых) задач, а также может быть использована для контроля качества усвоения материала. Однако для того, чтобы проводить занятия с использованием этой программы, необходимо чтобы на занятии каждый обучающийся был обеспечен компьютером. В настоящее время у вуза нет возможности перенести занятия по математике в компьютерные аудитории, это связано и с недостаточным аудиторным фондом вуза, и с необходимостью для таких занятий делить студенческие группы на подгруппы. Поэтому остаётся возможным только использование этой программы для самостоятельной работы студентов дома. Такое применение также даёт положительные результаты, так как студент может дополнительно решать те задачи и такого уровня сложности, какие именно ему необходимы для лучшего усвоения учебного материала.

Однако невозможность использования этой программы для проведения контрольных работ, но желание как-то совершенствовать этот процесс, натолкнули на идею создания другой программы, которая бы генерировала контрольные задания и ответы к ним с последующей возможностью печати их и проведения контрольной работы в традиционной форме.

Средой разработки программы также была выбрана среда программирования Macromedia Flash MX, а за основу взята программа «Тренажёр по векторной алгебре». Код программы написан на языке программирования Action Script с использованием библиотеки программы «Practicum Creator» [2].

При разработке программы, генерирующей контрольные задания создана другая структура программы, чем в тренажёре. Уже не имело смысла делить задания на уровни сложности, поэтому были выделены основные задачи по каждой теме, которые составляют базу этого раздела математики, то есть лежат в основе многих задач других разделов высшей математики и других дисциплин. На такие задачи делается акцент при изучении каждой темы и именно их целесообразно включать в контрольные работы.

При запуске программы появляется содержание (рис. 1), где каждый пункт является кнопкой, запускающей генерацию заданий. Первые пять пунктов содержания генерируют задания и ответы к ним по данной теме. Здесь при каждом запуске формируется 4 варианта. Так сделано, чтобы более рационально использовать место на экране, а, следовательно, при распечатывании экономнее расходовать бумагу.

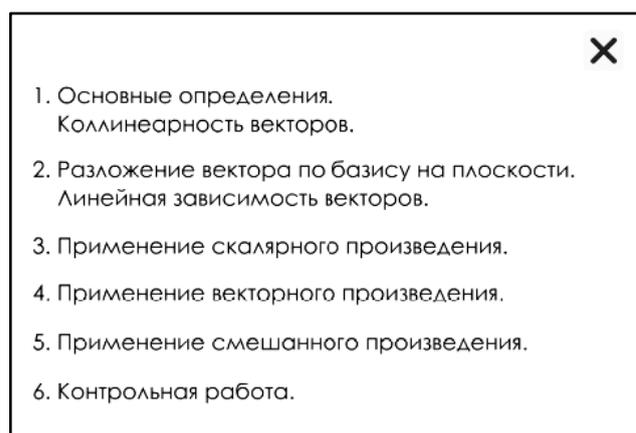


Рисунок 1 – Screenshot содержания программы

В теме «Разложение вектора по базису на плоскости. Линейная зависимость векторов» выделены 4 базовые задачи (рисунок 2):

- разложить аналитически вектор по двум неколлинеарным векторам (векторы заданы координатами);
- найти линейную зависимость между данными тремя неколлинеарными векторами (векторы заданы координатами);
- разложить аналитически вектор по двум неколлинеарным векторам (векторы заданы в произвольном базисе);

– найти линейную зависимость между данными тремя неколлинеарными векторами (векторы заданы в произвольном базисе).

<p>Вариант № <input type="checkbox"/></p> <p>Разложить аналитически вектор <math>\vec{c} = \{-4; 5\}</math> по двум неколлинеарным векторам <math>\vec{a} = \{-4; 3\}</math> и <math>\vec{b} = \{2; -1\}</math>.</p>	<p>Ответы к варианту № <input type="checkbox"/></p> <p><math>\vec{c} = 3\vec{a} + 4\vec{b}</math></p>
<p>Вариант № <input type="checkbox"/></p> <p>Найти линейную зависимость между данными тремя неколлинеарными векторами: <math>\vec{a} = \{14; -12\}</math>, <math>\vec{b} = \{5; -2\}</math>, <math>\vec{c} = \{3; 2\}</math>.</p>	<p>Ответы к варианту № <input type="checkbox"/></p> <p><math>\vec{a} - 4\vec{b} + 2\vec{c} = \vec{0}</math></p>
<p>Вариант № <input type="checkbox"/></p> <p>Разложить аналитически вектор <math>\vec{c} = 4\vec{m} - 26\vec{n}</math> по двум неколлинеарным векторам <math>\vec{a} = 2\vec{m} + 5\vec{n}</math> и <math>\vec{b} = -2\vec{m} + 4\vec{n}</math>.</p>	<p>Ответы к варианту № <input type="checkbox"/></p> <p><math>\vec{c} = -2\vec{a} - 4\vec{b}</math></p>
<p>Вариант № <input type="checkbox"/></p> <p>Найти линейную зависимость между данными тремя неколлинеарными векторами: <math>\vec{a} = -30\vec{m} - 28\vec{n}</math>, <math>\vec{b} = -5\vec{m} - 5\vec{n}</math>, <math>\vec{c} = 5\vec{m} + 4\vec{n}</math>.</p>	<p>Ответы к варианту № <input type="checkbox"/></p> <p><math>\vec{a} - 4\vec{b} + 2\vec{c} = \vec{0}</math></p>

Рисунок 2 – Screenshot заданий по теме «Разложение вектора по базису на плоскости. Линейная зависимость векторов»

Несмотря на то, что при каждом новом запуске формулировки задач повторяются, сами задачи получаются различными, так как все координаты и коэффициенты разложения векторов каждый раз заново определяются случайным образом. Например, для первой задачи случайным образом задаются координаты векторов  $\vec{a}$  и  $\vec{b}$ , и коэффициенты разложения вектора  $\vec{c}$  по векторам  $\vec{a}$  и  $\vec{b}$  (ответ задачи), а координаты вектора  $\vec{c}$  вычисляются из полученных данных. При этом координаты векторов  $\vec{a}$  и  $\vec{b}$ , и коэффициенты разложения вектора  $\vec{c}$  по векторам  $\vec{a}$  и  $\vec{b}$  задаются целочисленными в диапазоне от -9 до 9, что даёт  $A_{19}^6 = 19^6 = 47045881$  различных вариантов задачи. Затем проверяется, чтобы координаты вектора  $\vec{c}$  попали в диапазон от -30 до 30, это конечно уменьшает количество получаемых задач, но всё равно их остаётся более чем достаточное количество для того, чтобы обеспечить каждого студента уникальным вариантом при проведении проверки знаний. Студенты специальности УВТП пишут такую проверочную работу на втором практическом занятии.

<p>Вариант № <input type="checkbox"/></p> <p>Найти <math>\sin(\vec{a}, \vec{b})</math>, если <math>\vec{a} = \{1; -3; -5\}</math> и <math>\vec{b} = \{-5; 1; -1\}</math>.</p>	<p>Ответы к варианту № <input type="checkbox"/></p> <p><math>\sin(\vec{a}, \vec{b}) = \frac{\sqrt{936}}{\sqrt{35} \cdot \sqrt{27}}</math></p>
<p>Вариант № <input type="checkbox"/></p> <p>Найти площадь параллелограмма, построенного на векторах <math>\vec{a} = -3\vec{m} - 4\vec{n}</math> и <math>\vec{b} = -2\vec{m} + 4\vec{n}</math>, если <math> \vec{m}  = 4</math>, <math> \vec{n}  = 4</math>, <math>(\vec{m}, \vec{n}) = \frac{\pi}{3}</math>.</p>	<p>Ответы к варианту № <input type="checkbox"/></p> <p><math>S = 160\sqrt{3}</math> (кв. ед.)</p>
<p>Вариант № <input type="checkbox"/></p> <p>Найти площадь треугольника ABC, если <math>A(3; -1; 1)</math>, <math>B(-2; 3; -3)</math>, <math>C(-1; 2; 3)</math>.</p>	<p>Ответы к варианту № <input type="checkbox"/></p> <p><math>S = \frac{\sqrt{1077}}{2}</math> (кв. ед.)</p>
<p>Вариант № <input type="checkbox"/></p> <p>Найти длину вектора <math>\vec{c} = (4\vec{a} - 3\vec{b}) \times (3\vec{a} + 3\vec{b})</math>, если <math> \vec{a}  = 3</math>, <math> \vec{b}  = 4</math>, <math>(\vec{a}, \vec{b}) = \frac{\pi}{3}</math>.</p>	<p>Ответы к варианту № <input type="checkbox"/></p> <p><math> \vec{c}  = 126\sqrt{3}</math></p>

Рисунок 3 – Screenshot заданий по теме «Применение векторного произведения»

Запустив программу и выбрав нужную тему в содержании, преподавателю остаётся лишь ввести в специальные ячейки номера вариантов (и ответов тоже), распечатать и разрезать по специальным линиям, оставив ответы себе. Для того, чтобы вернуться к содержанию необходимо подвести курсор мыши в левый верхний угол экрана, при этом там появится кнопка «содержание» по нажатию на которую и произойдёт переход к содержанию (рисунок 3). Далее можно либо снова выбрать ту же самую тему и получить новых 4 варианта, либо выбрать

другую тему, либо выйти из программы нажав кнопку с крестиком в правом верхнем углу (рисунок 1).

<p>Вариант № <input type="text"/></p> <p>1. Известно, что <math> \vec{a} =3</math>, <math> \vec{b} =6</math>, <math>(\vec{a}, \vec{b})=\frac{\pi}{3}</math>. Найти: а) <math>\text{pr}_{\vec{a}} \vec{b}</math>; б) высоту, опущенную на сторону <math>\vec{a}</math> в треугольнике, построенном на векторах <math>\vec{a}</math> и <math>\vec{b}</math>.</p> <p>2. Даны <math>\vec{a}=\{2; -2; 0\}</math>, <math>\vec{b}=\{-6; 3; 5\}</math>, <math>\vec{c}=\{6; -5; -3\}</math>. Построить пирамиду на векторах <math>\vec{a}</math>, <math>\vec{b}</math>, <math>\vec{c}</math> и вычислить её объём. Найти: а) <math>\sin(\vec{a}, \vec{b})</math> и <math>\cos(\vec{a}, \vec{b})</math>; б) <math>(2\vec{a}-2\vec{b}) \times (4\vec{a}+\vec{b})</math>.</p> <p>3. При каких значениях <math>\alpha</math> и <math>\beta</math> векторы <math>\vec{a}=\{\alpha; 10; -9\}</math> и <math>\vec{b}=\{-6; \beta; 8\}</math> коллинеарны?</p> <p>4. Дано: <math>\vec{a}=-5\vec{m}-\vec{n}</math>, <math>\vec{b}=\vec{m}-\vec{n}</math>, <math>\vec{c}=-\vec{m}+5\vec{n}+4\vec{p}</math>, <math> \vec{m} =1</math>, <math> \vec{n} =8</math>, <math>(\vec{m}, \vec{n})=\frac{\pi}{4}</math>. Найти: а) площадь треугольника, построенного на векторах <math>\vec{a}</math> и <math>\vec{b}</math>; б) <math>\cos(\vec{a}, \vec{b})</math>; в) объём и высоту параллелепипеда, построенного на <math>\vec{a}</math>, <math>\vec{b}</math>, <math>\vec{c}</math>, если объём параллелепипеда, построенного на <math>\vec{m}</math>, <math>\vec{n}</math>, <math>\vec{p}</math> равен 3 куб.ед.</p> <p>5. Найти линейную зависимость между данными четырьмя некопланарными векторами: <math>\vec{a}=-4\vec{m}-6\vec{n}-4\vec{p}</math>, <math>\vec{b}=-3\vec{m}+6\vec{n}+\vec{p}</math>, <math>\vec{c}=2\vec{m}+7\vec{n}-3\vec{p}</math>, <math>\vec{d}=11\vec{m}-2\vec{n}+17\vec{p}</math>.</p>	<p>Ответы к варианту № <input type="text"/></p> <p>1. а) <math>\text{pr}_{\vec{a}} \vec{b} = \frac{3}{2}</math>; б) <math>h = 3\sqrt{3}</math></p> <p>2. <math>V = \frac{8}{6} e_A^3</math>; а) <math>\sin(\vec{a}, \vec{b}) = \sqrt{\frac{236}{8 \cdot 70}}</math>; <math>\cos(\vec{a}, \vec{b}) = \frac{-18}{\sqrt{8 \cdot 70}}</math>; б) <math>\{-100; -100; -60\}</math></p> <p>3. <math>\alpha = \frac{54}{8}</math>; <math>\beta = \frac{80}{-9}</math></p> <p>4. а) <math>S = \frac{24\sqrt{2}}{2} e_A^2</math>; б) <math>\cos(\vec{a}, \vec{b}) = \frac{59 + 16\sqrt{2}}{\sqrt{89 + 40\sqrt{2}} \sqrt{65 - 8\sqrt{2}}}</math>; в) <math>V = 72 e_A^3</math>, <math>h = \frac{72}{24\sqrt{2}}</math></p> <p>5. <math>-3\vec{a} - \vec{b} - 2\vec{c} - \vec{d} = \vec{0}</math>.</p>
--	---

Рисунок 4 – Screenshot заданий контрольной работы

Шестой пункт содержания (рисунок 1) генерирует полноценную контрольную работу по всему курсу векторной алгебры (рисунок 4). Каждый вариант этой контрольной работы содержит 5 задач, по сути, объединяя задачи предыдущих пунктов. Здесь на экране размещается только один вариант контрольной работы с ответами. Такая контрольная работа может быть проведена на тех направлениях подготовки, где на практические занятия по векторной алгебре отведено 10 часов.

Эта программа облегчает работу преподавателя, так как составляет задачи для проведения проверочных и контрольных работ и выдаёт уже готовые ответы к составленным задачам. Теперь преподавателю не надо тратить много времени и сил на подготовку вариантов контрольной работы. А так как получаемое количество различных вариантов каждой проверочной работы значительно превосходит количество обучающихся в группе, то это практически ликвидирует возможность списывания. Проведение проверочных работ на каждом занятии и уникальность заданий у каждого студента мотивируют их более серьёзно относиться к изучению материала, а, следовательно, возрастает качество усвоения данного раздела высшей математики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработка и применение интерактивных средств обучения в преподавании векторной алгебры / Е.Н. Хохлова // Теоретические и практические аспекты научных исследований: сборник научных трудов по материалам Международной научной конференции, г. Киев, 26 апреля 2011 г. – Киев, 2011 – Часть 2 – С. 7 – 12.
2. Возможности программы «Practicum Creator» в повышении уровня интерактивности практикумов по геометрии / Ковшова Ю.Н., Петров А.И., Рыжков А.И., Яруткин А.Н. // Инновации в педагогическом образовании: материалы II Международной научно-практической конференции, г. Новосибирск, 22 – 24 октября 2008 г. – Новосибирск: Изд. НГПУ, 2008 – Часть 2 – С.164 – 171.

REFERENCES

1. Development and application of interactive learning tools in teaching vector algebra / E.N. Khokhlova // Theoretical and practical aspects of scientific research: a collection of scientific papers based on the materials of the International Scientific Conference, Kiev, April 26, 2011 – Kiev, 2011 – Part 2 – pp. 7-12.
2. Possibilities of the program "Practicum Creator" in increasing the level of interactivity of workshops on geometry / Kovshova Yu.N., Petrov A.I., Ryzhkov A.I., Yartukin A.N. // Innovations in pedagogical education: materials of the II International Scientific and Practical Conference, Novosibirsk, October 22 – 24, 2008 – Novosibirsk: Ed. NGPU, 2008 – Part 2 – pp.164-171.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Математика. Векторная алгебра. Интерактивное обучающее программное обеспечение.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:** Кадышева Елена Николаевна, старший преподаватель кафедры Высшей математики и информатики ФГБОУ ВО «СГУВТ»

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:** 630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

## ДИСЦИПЛИНА "НЕМЕЦКИЙ ЯЗЫК" В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ НА ПРИМЕРЕ «СИБИРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ВОДНОГО ТРАНСПОРТА» («СГУВТ»)

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Е.А. Киселева

GERMAN LANGUAGE AS AN ACADEMIC DISCIPLINE AT THE TECHNICAL UNIVERSITY «SIBIRIAN STATE UNIVERSITY OF WATER TRANSPORT» («SSUWT»)

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

E.A. Kiseleva (Senior lecturer of the Department of Foreign Languages of SSUWT)

**ABSTRACT:** German language as an academic discipline is gradually losing its position in the educational process, which has both positive and negative characteristics. The article determines the novelty of the subject, considers issues related to the teaching of this foreign language in modern conditions, as well as language learning possibilities and prospects at the Siberian State University of Water Transport.

**Keywords:** German language, Technological University, teaching problems, course content, motivation, combination of classical (traditional) and modern methods of teaching.

Немецкий язык как учебная дисциплина постепенно теряет позиции в образовательном пространстве. В этом процессе есть свои отрицательные и положительные стороны. В статье определяется актуальность темы, рассматриваются вопросы, связанные с преподаванием этого иностранного языка на современном этапе, возможности и перспективы его изучения на примере Сибирского государственного университета водного транспорта.

В последнее время статус немецкого языка как учебной дисциплины неязыкового вуза претерпевает значительные изменения в сторону резкого сокращения контингента студентов. Ранее французский и немецкий языки наряду с английским были равноправными участниками образовательного процесса и имели давние и сильные традиции. В 17 веке французский язык считался языком дипломатии и европейской аристократии. Рост популярности немецкого языка приходится на конец XVIII – начало XIX веков. Это связано с появлением веймарского классицизма в лице Гете и Шиллера, с философией Канта, с великими географическими открытиями Александра Гумбольда – ученого и гуманиста. На протяжении последующих десятилетий в мире растет интерес к Германии и немецкому языку в свете выдающихся открытий и изобретений немецких ученых и инженеров, среди которых Отто Лилиенталь, Конрад Рентген, Альберт Эйнштейн.

Но поражение Германии в двух мировых войнах в XX веке резко меняет ситуацию. На лидирующие позиции выходит английский язык, который еще 100-150 лет назад изучался преимущественно в мореходных и торговых учебных заведениях. Сегодня первенство в номинации «Мировой язык» принадлежит английскому языку, так как именно он является самым доступным для изучения, самым изучаемым и используемым языком во всем мире.

Серьезной причиной такого широкого распространения английского языка является экономическое и политическое влияние на мировое сообщество двух держав – Соединенных Штатов Америки и Британии. В Германии этот факт признается с легким сожалением, отраженным во фразе «*Englisch ist ein Muss, Deutsch ist ein Plus*». При этом «именно Германия и Франция, а не Англия и Америка, предоставляли нашим студентам гранты и стипендии для продолжения образования в своих лучших вузах». [1]

И это преимущество несомненно. Хотя еще бытует мнение, что знание немецкого языка – это инструмент для достижения успеха в инженерной области. Германия была и остается на первых позициях в мировой науке и технике. ФРГ обладает наибольшими конкурентными преимуществами практически во всех отраслях экономики, в том числе в автомобилестроении, авиастроении, оборудовании для пищевой, химической, фармацевтической промышленности, двигателей и приводов, различных аппаратов и измерительных приборов. Страна – безусловный лидер европейского сообщества в области инноваций.

С 2016 года в российских школах был взят курс на включение английского языка в качестве обязательной дисциплины. При этом немецкий язык предлагался ученикам лицеев и гимназии в качестве второго иностранного языка. Это привело к сокращению числа первокурсников университета, изучавших в школе немецкий язык. К тому же они были слабо мотивированы продолжать его изучение в техническом вузе, так как и в академической среде

стремительно расширяется область применения английского языка. Студенты-бакалавры в нашем вузе изучают немецкий язык в составе сборных учебных групп, в которых сочетаются самые разные направления подготовки.

Занятия по немецкому языку выносятся за сетку дневного расписания, что также представляет собой организационные трудности. Но существуют и пути их преодоления. Один из них в повышении интереса студентов к качественному изучению иностранного языка. На занятиях по страноведению это можно сделать, приводя факты, демонстрирующие значимость немецкого языка в современном мире. Этот язык является родным для жителей Германии, Австрии, Люксембурга, Лихтенштейна, Швейцарии и южного Тироля (Италия). Это наиболее распространенный язык в Европе и занимает 11 место в мире среди самых популярных для повседневного общения. История нашей страны тесно связана с историей Германии, российские немцы представляют собой значительную часть многонационального населения России (данные Википедии - 196 тыс. человек).

Студенты на занятиях задают вопросы и благодаря современным образовательным информационным ресурсам сразу находят на них ответы. Почему жителей Германии так по-разному называют во всем мире? Словом «german» англичане называли тех, кто жил рядом. Для французов немцы это «allemands» - историческое название племени алеманов, для финнов, эстонцев они – «saksalainen» (саксы). Русские люди определяли слово «немец» как немой, неспособный говорить на понятном языке, немой, чужак. Сами немцы называют себя «deutsch», что означает «принадлежащий народу».

Интерес студентов вызывает и вопрос, что общего у слов «швейцар» и «швейцарец». Только в русском языке эти слова имеют два варианта и два значения. В немецком языке «der Schweizer» – это и житель Швейцарии и солдат гвардии Папы Римского, куда набирали только физически крепких, высоких и статных мужчин из этой небольшой горной европейской страны. Позднее в русском языке появляется слово «швейцар». Это название швейцарца-наемника (домоохранника) респектабельных домов, гостиниц и ресторанов России. Тематический блок курса "Выдающиеся немецкие ученые, их открытия и изобретения" позволяет студентам 1 курса разных специальностей работать в группе над усвоением общетехнической лексики, чтением и переводом текстов, актуальных для будущих инженеров. Завершается работа на 1 курсе бакалавриата темой "Водный транспорт", соответствующей профилю вуза. Тема «Водный транспорт», адаптированная по лексическому и грамматическому содержанию, создана для студентов первого курса и имеет подразделы: «Водные пути», «Морские и внутренние порты», «Подвижной состав».

На занятиях студенты используют традиционные методы работы с учебным материалом. Есть выход и к творческому применению приобретенных знаний и умений. В конце семестра студенты выступают с презентацией по выбранной ими теме и это наглядно свидетельствует об интересе к дисциплине "Немецкий язык".

На втором курсе бакалавриата факультета Управления на водном транспорте в рамках дисциплины «Профессиональный иностранный язык» изучают общие для студентов всех специальностей темы «Ведущие фирмы Германии», «Международное сотрудничество», «Участие в международных выставках и ярмарках», «Подписание договора», где многие пункты договора соответствуют направлениям подготовки будущих менеджеров, экономистов и инженеров транспорта: «Предложение и заказ», «Условия и сроки поставки», «Задержка поставки и форс-мажор», «Условия оплаты», «Рекламация и пути решения конфликтных ситуаций», «Арбитраж и выход из кризиса». Тема «Продолжение делового сотрудничества» положительно завершает курс немецкого языка. В рамках этого курса у студентов происходит формирование социокультурной компетенции. Мы обсуждаем ситуации, предлагаемые в видеосюжетах и оригинальных статьях, говорим о различиях национального характера, о способах избежать недопонимания во время переговоров с деловыми партнерами. То, что принято в России, может быть недопустимо в немецком деловом мире. Неслучайно русская пословица гласит «Что русскому хорошо, то немцу смерть» (в немецком языке – «Was für einen Russen gut ist, ist für einen Deutschen Tod»). Бесспорно, социокультурная компетенция является крайне важной составляющей иноязычной коммуникативной компетенции, так что успех общения с представителями иной лингвокультуры во многом определяется именно ее качеством, уровнем ее сформированности [2].

В России и Германии приняты разные стили делового общения. Немцы произносят то, что понимается однозначно и интерпретации не подлежит. Контекст, жестикация, мимика и

интонация мало что добавят к сказанному. Немецкое «да» означает «да», а «нет» – «нет». Свой отказ немцы выразят прямо и однозначно. Для них это уважение к деловому партнеру. Это средство, которое позволяет им оставаться честными, целеустремленными и сберечь время свое и собеседника. Русские традиции и желание не обидеть заставляют нашего делового человека сообщить свое несогласие и отказ не прямо, а в завуалированной форме, чтобы партнер на переговорах мог сохранить лицо. И это одна из многих типичных ситуаций, рассматриваемая на занятиях по курсу «Деловой иностранный язык».

Магистранты СГУВТ занимаются переводом специальной литературы, составлением терминологического словаря, реферированием и аннотированием текстов профессиональной тематики. Курс немецкого языка для магистрантов называется "Иностранный язык в профессиональной сфере".

Кафедра иностранных языков традиционно проводит конкурсы на лучший перевод с иностранного языка на русский. Особенной популярностью пользуется конкурс поэтического перевода. В этом году студентам, изучающим немецкий язык, было предложено стихотворение Генриха Гейне "У моря сию на утесе крутом".

Es ragt ins Meer der Runenstein,  
da sitz' ich mit meinen Träumen.  
Es pfeift der Wind, die Möwen schrein,  
die Wellen, die wandern und schäumen.

Ich habe geliebt manch schönes Kind  
und manchen guten Gesellen -  
Wo sind sie hin? Es pfeift der Wind,  
es schäumen und wandern die Wellen.

Студенты переводили поэтические строки и озвучивали их на занятии. Первое место занял студент первого курса со следующим вариантом перевода:

Там в море рунический высится камень  
На нем со своими мечтами сию  
Свист ветра, крик чаек меня облетает.  
Лишь им о судьбе я своей расскажу.

За жизнь я знавал людей много прекрасных.  
И верных друзей, и преданных дам  
Куда они делись?  
Пропали напрасно. Свист ветра, шум волн по пустым берегам.

Признавая существующие определенные трудности при изучении немецкого языка в техническом вузе, можно утверждать, что существуют и возможности, способствующие эффективной и интересной работе на занятии. Для этого необходимо поддержание доброжелательной атмосферы между преподавателем и студентами, студентами и студентами, атмосферы сочетания современных и традиционных методов преподавания и изучения немецкого языка и творческого применения знаний и умений у студентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артемьева А.А. Жизнь после жизни: немецкий язык как иностранный в новых условиях университетского образования (на примере одного неязыкового факультета) [Текст] / А.А. Артемьева // Вестник Санкт-Петербургского университета. Язык и литература. – 2014. - Вып.1. – С. 110-117.
2. Гриднева Н.А., Швайкина Н.С. Формирование инженерной этики средствами дисциплины «Иностранный язык»: социокультурный аспект [Текст] / Н.А. Гриднева, Н.С. Швайкина // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Психолого-педагогические науки. – 2020. - №1 – С. 49-61.

REFERENCES

1. Artemeva A.A. Zhizn' posle zhizni: nemeckij yazyk kak inostrannyj v novyh usloviyah universitetskogo obrazovaniya (na primere odnogo neyazykovogo fakul'teta) [Tekst] / A.A. Artem'eva // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. YAzyk i literatura. – 2014. - Vp.1. – P. 110-117.
2. Gridneva N.A., Shvajkina N.S. Formirovanie inzhenernoj jetiki sredstvami discipliny «Inostrannyj jazyk»: sociokul'turnyj aspekt [Tekst] / N.A. Gridneva, N.S. Shvajkina // Vestnik Samar'skogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. Serija: Psihologo-pedagogičeskie nauki. – 2020. - №1 – P. 49-61.

<b>КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:</b>	<i>Немецкий язык, технический вуз, проблемы обучения, содержание курса, мотивация, сочетание классических (традиционных) и современных методов преподавания.</i>
<b>СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:</b>	<i>Киселева Елена Александровна, старший преподаватель кафедры Иностранных языков ФГБОУ ВО «СГУВТ»</i>
<b>ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:</b>	<i>630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»</i>

---

## **ЭКОЛОГИЯ И ТРАНСПОРТНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ. ПУТИ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ТРАНСПОРТА**

**ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»**

**Л.В. Пахомова, Н.Ю. Симушкина, Е.А. Аладко**

### **ECOLOGY AND TRANSPORT EDUCATION. WAYS TO SOLVE ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF TRANSPORT**

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

**L.V. Pahomova** (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

**N.Y. Simushkina** (Senior lecturer of SSUWT)

**E.A. Aladko** (Student of SSUWT)

---

**ABSTRACT:** The article is devoted to the problem of the environmental impact of transport on the environment and the need to introduce transport education into the educational process taking into account environmental aspects. The main part of the article examines the results of scientific research in the field of transport ecology, as well as the experience of Western countries in introducing environmental courses in educational programs for transport specialties. In conclusion, the need to strengthen environmental training courses in the education of transport specialists and create conditions for the practical implementation of environmental knowledge in the operation of vehicles is emphasized.

---

**Keywords:** *Ecology, transport, transport education, environmental aspects, educational process.*

---

Статья посвящена проблеме экологического воздействия транспорта на окружающую среду и необходимости введения в образовательный процесс транспортного образования с учетом экологических аспектов. В основной части статьи рассмотрены результаты научных исследований в области транспортной экологии, а также опыт западных стран по внедрению экологических курсов в образовательные программы для транспортных специальностей. В заключении подчеркивается необходимость усиления учебных курсов по экологии в образовании транспортных специалистов и создания условий для практической реализации экологических знаний в процессе эксплуатации транспортных средств.

Современный транспорт является важнейшей составляющей инфраструктуры любого государства, однако в то же время он оказывает значительное негативное воздействие на окружающую среду. По данным Всемирной организации здравоохранения, выхлопные газы автотранспорта являются одной из главных причин загрязнения воздуха, что негативно сказывается на здоровье населения и экологической ситуации в городах.

Для минимизации негативного воздействия транспорта на окружающую среду необходимо ввести в образовательный процесс транспортное образование с учетом экологических аспектов. По мнению экспертов, в настоящее время в российских вузах и колледжах недостаточно внимания уделяется экологической составляющей обучения транспортных специалистов [4]. Однако западные страны давно уже осознали важность данной проблемы и активно внедряют экологические курсы в образовательные программы для транспортных специальностей.

Так, например, в Великобритании с 2019 года студенты, обучающиеся на транспортных специальностях, получают обязательный курс по экологии, который включает в себя изучение вопросов эффективности использования топлива, оценку экологических рисков при эксплуатации транспортных средств, а также разработку мер по снижению загрязнения окружающей среды [10]. Аналогичные курсы внедрены в университетах Финляндии и Германии.

Однако, внедрение экологических курсов в образовательные программы - это только один шаг на пути решения проблемы экологического воздействия транспорта. Не менее важно создание условий для практической реализации экологических знаний в процессе эксплуатации транспортных средств. В этой области также имеются научные исследования, которые показывают, что обучение водителей экономной езде и использованию технологий, которые позволяют снизить выбросы вредных веществ, может существенно уменьшить негативное воздействие транспорта на окружающую среду [11].

Также, важным аспектом является разработка и внедрение новых технологий в производстве транспортных средств, которые позволят снизить уровень выбросов вредных веществ. В этой области проводятся научные исследования, которые направлены на разработку новых материалов и технологий, которые позволят создавать более экологически чистые автомобили и другие виды транспорта [12].

Вместе с тем, необходимо усилить учебные курсы по экологии в образовании транспортных специалистов. Это позволит студентам приобрести не только технические навыки, но и осознанное понимание влияния их профессии на окружающую среду. Обучение должно включать изучение основных принципов экологической устойчивости, методов оценки экологического воздействия транспорта, а также разработку стратегий и мер по снижению его негативного влияния.

Одним из примеров успешной практики в области транспортного образования является Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ). Университет внедрил специализированную программу по транспортной экологии, которая включает в себя широкий спектр дисциплин, связанных с экологическими аспектами транспорта, а также практические занятия, включающие экскурсии на автодороги и изучение экологических особенностей различных видов транспорта.

Важно отметить, что развитие транспортного образования должно быть комплексным и включать в себя как уровень высшего образования, так и профессиональное обучение водителей и других специалистов транспортной отрасли. Также необходимо активное взаимодействие между образовательными учреждениями, государственными органами и представителями транспортной отрасли для разработки современных образовательных программ, адаптированных к изменяющимся экологическим требованиям.

В заключение, можно подчеркнуть необходимость усиления учебных курсов по экологии в образовании транспортных специалистов и создания условий для практической реализации экологических знаний в процессе эксплуатации транспортных средств. Однако, внедрение экологических курсов в образовательные программы - это только первый шаг на пути решения проблемы экологического воздействия транспорта. Необходимо разработать комплексный подход к решению данной проблемы, который будет включать в себя не только образовательный компонент, но и совершенствование технологий и стимулирование внедрения экологически чистых транспортных средств.

Одним из возможных путей развития транспортного образования с учетом экологических проблем является введение инновационных методов обучения, включая использование современных информационно-коммуникационных технологий. Применение виртуальной и дополненной реальности позволит студентам симулировать ситуации, связанные с экологическими проблемами транспорта, и искать решения на основе усвоенных знаний. Такой подход позволит улучшить понимание влияния транспорта на окружающую среду и развить навыки принятия экологически обоснованных решений.

Важным аспектом развития экологического образования в транспортной отрасли является привлечение профессионалов с экологической экспертизой в качестве преподавателей. Это позволит обогатить учебный процесс актуальными практическими примерами и случаями из реальной жизни, а также сформировать у студентов понимание актуальности проблемы и ее влияния на будущую профессиональную деятельность.

Кроме того, необходимо активизировать научные исследования в области транспортной экологии, чтобы разработать новые технологии и методы, направленные на снижение негативного воздействия транспорта на окружающую среду. Исследования могут быть связаны с разработкой экологически чистых видов топлива, использованием энергоэффективных технологий, разработкой электрических и гибридных транспортных средств, а также исследованием вопросов управления транспортным потоком для оптимизации энергопотребления и снижения выбросов.

Важно отметить, что развитие экологического образования должно быть подкреплено соответствующей государственной политикой и законодательством, способствующим внедрению экологических стандартов и мер по снижению воздействия транспорта на окружающую среду. Государственная поддержка в виде финансирования научных исследований, создания инновационных образовательных программ и проведения обучающих мероприятий будет способствовать успешному внедрению экологического образования в транспортной отрасли.

Для успешного продвижения экологического образования в транспортной отрасли также необходимо установить партнерские связи между образовательными учреждениями и предприятиями транспортного сектора. Взаимодействие с представителями индустрии позволит обеспечить актуальность образовательных программ, адаптировать их к потребностям рынка труда и учесть особенности применения экологических решений в реальной практике.

Для студентов транспортных специальностей также следует предоставить возможности для практического применения полученных знаний и навыков. Организация стажировок и практик на экологически ориентированных предприятиях транспортной отрасли позволит студентам получить реальный опыт работы с экологическими технологиями, а также понять особенности и вызовы, с которыми сталкиваются экологически ответственные специалисты.

Одной из важных задач в области экологического образования в транспортной отрасли является повышение осведомленности и экологической грамотности общества в целом. Это можно достичь путем проведения информационных кампаний и общественных мероприятий, направленных на пропаганду экологически ответственного поведения в сфере транспорта. Включение широкой общественности в обсуждение и принятие решений, касающихся экологической устойчивости транспортной системы, способствует формированию общественного сознания и поддержке соответствующих инициатив.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов А.Б. Экологические аспекты транспортного образования // Экологическое образование и воспитание: опыт, проблемы и перспективы: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. – С. 105-108.
2. Иванов Д.А. Экологически чистые технологии в автомобилестроении // Экологический вестник. – 2016. – № 4. – С. 25-30.
3. Ковалева, Е.В. Технические аспекты снижения вредных выбросов в атмосферу от автотранспорта / Е.В. Ковалева, Л.А. Воробьева, А.А. Ступников // Транспортное дело России. – 2019. – № 2. – С. 12-16.
4. Кочетков, И. (2019). Проблемы и перспективы развития экологического образования в системе профессионального образования транспорта. Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения, 19(1). – С. 38-45.
5. Петров В.И. Транспорт и окружающая среда: проблемы и перспективы // Экологическая безопасность и природопользование. – 2019. – Т. 3, № 1. – С. 15-23.
6. Романенко, И.В. Экологические проблемы автомобильного транспорта и пути их решения / И.В. Романенко // Автомобильный транспорт. – 2017. – № 3. – С. 28-30.
7. Смирнова, М.А. Экологическая безопасность транспорта: теоретические и методологические основы / М.А. Смирнова, М.В. Подпригора // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2018. – № 2. – С. 1-10.
8. Чиркин, А.В. Экологический водитель: новый тренд или обычная езда? / А.В. Чиркин // Транспортный вестник. – 2016. – № 3. – С. 8-12.
9. Всемирная организация здравоохранения: сайт. – 2022. – URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/ru/> (дата обращения 25.05.2023).
10. gov.uk: сайт. – 2019. – URL: <https://www.gov.uk/government/publications/transport-decarbonisation-plan> (дата обращения 26.05.2023).
11. Soroko, I., Litvinova, N., & Prokhorov, A. (2018). The Influence of Driving Techniques on Vehicle Emissions and Fuel Consumption. MATEC Web of Conferences, 170, 01061.
12. unep.org: Emissions Gap Report: сайт. – 2019. – URL: <https://www.unep.org/emissions-gap-report-2021> (дата обращения 26.05.2023).

REFERENCES

1. Ivanov A.B. Ecological aspects of transport education // Environmental education and upbringing: experience, problems and prospects: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. – Moscow: Publishing House of Bauman Moscow State Technical University, 2018. – pp. 105-108.
2. Ivanov D.A. Environmentally friendly technologies in the automotive industry // Ecological Bulletin. – 2016. – No. 4. – pp. 25-30.
3. Kovaleva, E.V. Technical aspects of reducing harmful emissions into the atmosphere from motor transport / E.V. Kovaleva, L.A. Vorobyova, A.A. Stupnikov // Transport business of Russia. – 2019. – No. 2. – pp. 12-16.
4. Kochetkov, I. (2019). Problems and prospects of development of environmental education in the system of vocational education of transport. Bulletin of the Siberian State University, 19(1). – pp. 38-45.
5. Petrov V.I. Transport and environment: problems and prospects // Environmental safety and environmental management. – 2019. – Vol. 3, No. 1. – pp. 15-23.
6. Romanenko, I.V. Ecological problems of motor transport and ways to solve them / I.V. Romanenko // Automobile Transport. – 2017. – No. 3. – pp. 28-30.
7. Smirnova, M.A. Ecological safety of transport: theoretical and methodological foundations / M.A. Smirnova, M.V. Podprigora // Izvestiya Tula State University. Technical sciences. - 2018. – No. 2. – pp. 1-10.
8. Chirkin, A.V. Ecological driver: a new trend or ordinary driving? / A.V. Chirkin // Transport Bulletin. – 2016. – No. 3. – pp. 8-12.
9. World Health Organization: website. – 2022. – URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/ru/> (date of announcement 25.05.2023).
10. gov.uk : website. – 2019. – URL: <https://www.gov.uk/government/publications/transport-decarbonisation-plan> (date of announcement 26.05.2023).
11. Soroko I., Litvinova N. and Prokhorov A. (2018). The influence of driving techniques on emissions of harmful substances into the atmosphere by vehicles and fuel consumption. MATEC Web Conference, 170, 01061.
12. unep.org : Emissions Gap Report: September – 2019. – URL: <https://www.unep.org/emissions-gap-report-2021> (date of announcement 26.05.2023).

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

*Экология, транспорт, транспортное образование, экологические аспекты, образовательный процесс.*

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

*Пахомова Людмила Владимировна, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*Симушкина Наталья Юрьевна, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»*  
*Аладко Евгений Артёмович, студент ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

## АКТУАЛЬНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ СПЕЦИАЛИТЕТА "ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ" В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ РОССИИ

ФГБУ «Судебно-экспертное учреждение федеральной противопожарной службы «Испытательная пожарная лаборатория» по Новосибирской области»

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Е.А. Сеницина, В.И. Сеницин

### THE RELEVANCE OF THE IMPLEMENTATION OF THE EDUCATIONAL PROGRAM OF THE SPECIALTY "FIRE SAFETY" IN HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF RUSSIA

Federal State Budgetary Institution "Forensic Expert Institution of the Federal Fire Service "Test Fire Laboratory" in the Novosibirsk region, Zelenaya Gorka str. 12, Novosibirsk, 630060, Russia

Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia

E.A. Sinitsina (Expert of the sector of forensic examinations of FSBI «FEI FFS TFL»)

V.I. Sinitsin (Assistant of the Technosphere Safety Department of SSUWT)

**ABSTRACT:** This article analyzes the relevance of the implementation of the specialty program "Fire Safety" in higher educational institutions of Russia. The statistics of fires and their consequences for the period from 2018-2022 are analyzed.

**Keywords:** Relevance, specialty, fire safety, education.

В данной статье проведён анализ актуальности реализации программы специалитета «Пожарная безопасность» в высших учебных заведениях России. Проанализирована статистика пожаров и их последствий за период с 2018-2022 года.

Специальность «Пожарная безопасность» имеет высокую степень актуальности в настоящее время. Ежегодно происходит увеличение числа производственных и жилых объектов, технических и технологических сооружений, развитие отраслей народного хозяйства, а также прогрессирующее развитие новых технологий. Одновременно с этим идет устаревание технических установок, технологических машин, т.е. различного оборудования, а из-за ненадлежащего и несвоевременного контроля это оборудование все чаще и чаще начинает работать в аварийных режимах. Ненадлежащий и несвоевременный контроль можно объяснить некомпетентностью специалистов и (или) дефицитом кадров на объектах защиты, а также несвоевременным обучением новым требованиям и правилам пожарной безопасности. Следовательно, на этом фоне увеличивается риск возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами, которые пагубно влияют, в первую очередь – на жизнь и здоровье людей, а также на интересы общества и государства [1].

Анализируя статистику пожаров и их последствий [2] в пятилетней динамике (2018-2022 гг.), можно сделать вывод, что ежегодно на пожарах в Российской Федерации гибнут и травмируются тысячи людей (рисунок 1).

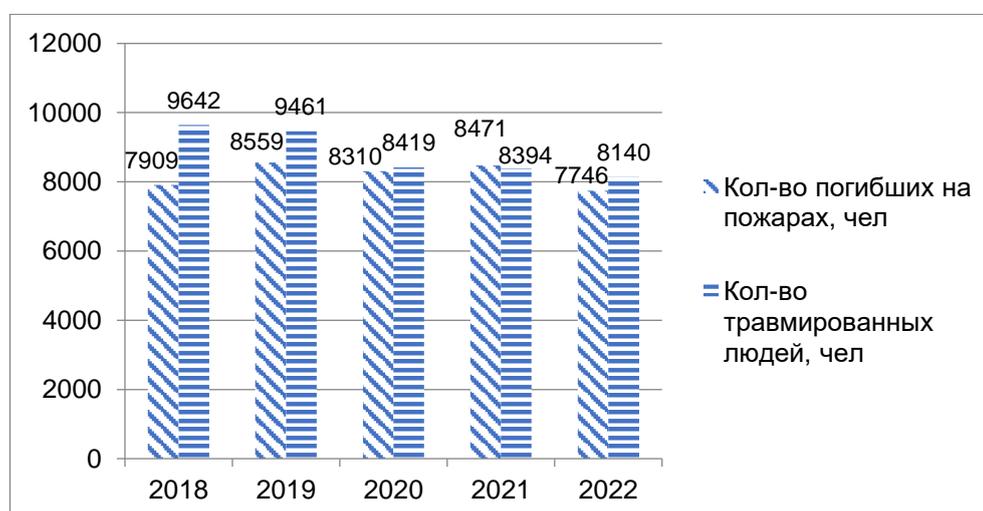


Рисунок 2 – Статистика гибели и травмирования людей на пожарах за 2018-2022 гг.

Сопоставив значения гибели и травмирования людей на пожарах с общим количеством пожаров за 2022 год, можно сделать вывод, что на каждом сорок третьем пожаре один человек травмируется, на каждом сорок пятом – один человек погибает.



Рисунок 3 – Статистика количества пожаров за 2018-2022 гг.

Стоит отметить, что специалисты по пожарной безопасности нуждаются в различных сферах деятельности и разного рода профессиях (рисунок 4).

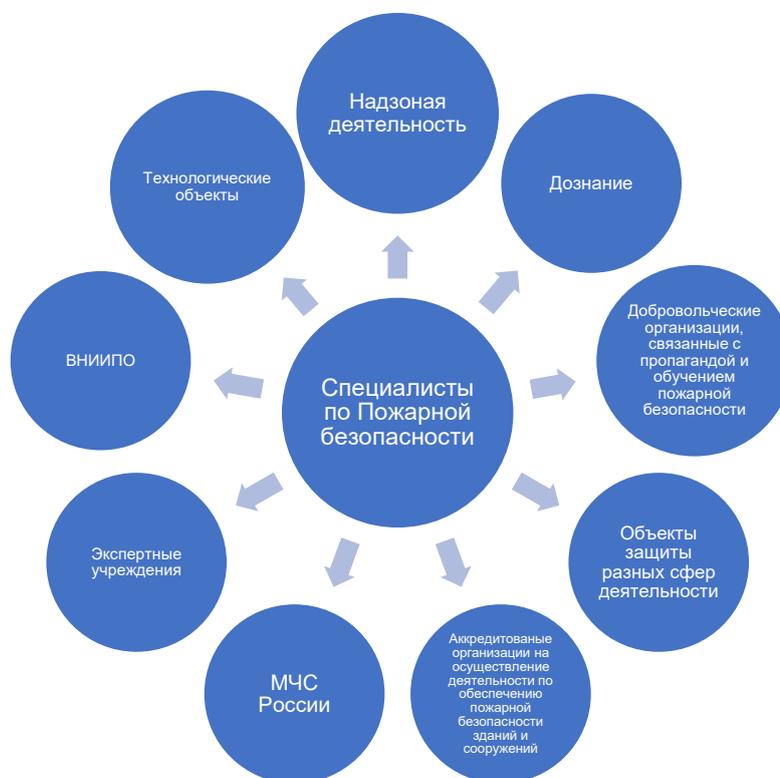


Рисунок 4 – Организации и ведомства, нуждающиеся в специалистах по пожарной безопасности

Беря во внимание официальный сайт главного управления МЧС России по Новосибирской области [3], на котором постоянно имеются вакансии на замещение должностей различных департаментов с требованием профильного образования «Пожарная безопасность», можно также сделать вывод об актуальности таких специальностей.

Отметим, что при осуществлении своих должностных обязанностей все эти специалисты обеспечивают пожарную безопасность, а именно – состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров [1]. Поэтому такая специальность как «Пожарная безопасность» представляет собой обширную сферу деятельности, включающую в себя разносторонних специалистов, способных работать в различных областях. Поэтому стоит упомянуть, что существует множество смежных специальностей, связанных непосредственно с пожарной безопасностью.

На 2023 год более 30 высших учебных заведений, которые предоставляют обучение по программе специалитета «Пожарная безопасность». В этом списке также присутствуют и профильные университеты.

Тенденции последних лет также показывают увеличение числа колледжей и университетов, предлагающих образование по данной специальности. Обучающиеся получают образование, включающее в себя знания по пожарно-техническому минимуму, теоретическим и практическим основам пожарной безопасности, а также комплексному программному обеспечению.

Программы обучения включают в себя не только основы пожарной безопасности, но и более широкий круг дисциплин, таких как организация профилактической работы, взаимодействие с работниками и общественностью в чрезвычайных ситуациях, оказание первой помощи при пожаре и другие. Студенты также проходят практику в органах пожарной безопасности, позволяющую им получить реальный опыт работы.

Образование в области пожарной безопасности требует от обучающихся высокой ответственности и преданности своему делу, так как они несут на себе огромную ответственность за жизни и имущество других. Правильное и своевременное реагирование на пожарные ситуации может спасти множество жизней и значительно снизить материальные потери.

Необходимо отметить, что обучающиеся по данному направлению, как правило, принимают активное участие в деятельности добровольной пожарной охраны, волонтерских движениях, профилактики от пожаров как в школах, так и в дошкольных учреждениях, активно популяризируя пожарную безопасность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская Федерация. Законы. О пожарной безопасности : Федеральный закон № 69-ФЗ : [Принят Государственной Думой 18 ноября 1994 г.] – [Электронный ресурс]: Справочная правовая система «Консультант плюс»
2. Гончаренко В.С., Чечетина Т.А., Сибирко В.И., Надточий О.В., Полехин П.В., Козлов А.А., Грибанов А.М. Пожары и пожарная безопасность в 2022 году. Статистика пожаров и их последствий. Информационно-аналитический сборник. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2023. 80 с.
3. МЧС РОССИИ по Новосибирской области [официальный сайт] / МЧС РОССИИ по Новосибирской области – Новосибирск – URL: <https://54.mchs.gov.ru/> (дата обращения: 05.05.2020). – Текст : электронный

REFERENCES

1. The Russian Federation. Laws. On Fire safety : Federal Law No. 69-FZ : [Adopted by the State Duma on November 18, 1994] – [Electronic resource]: Legal reference system "Consultant Plus"
2. Goncharenko V.S., Chechetina T.A., Sibirko V.I., Nadochiy O.V., Polekhin P.V., Kozlov A.A., Griбанov A.M. Fires and fire safety in 2022. Statistics of fires and their consequences. Information and analytical collection. Balashikha: FSBI VNIPO EMERCOM of Russia, 2023. 80 p.
3. EMERCOM of RUSSIA for the Novosibirsk region [official website] / EMERCOM of RUSSIA for the Novosibirsk region – Novosibirsk – URL: <https://54.mchs.gov.ru/> (accessed: 05.05.2020). – Text : electronic

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:**

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

**ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

*Актуальность, специалитет, пожарная безопасность, образование.*

*Синицина Екатерина Андреевна, эксперт сектора судебных экспертиз ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Новосибирской области*

*Синицин Владислав Игоревич, ассистент кафедры «Техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

*630060, г.Новосибирск, ул. Зеленая горка, 12, ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Новосибирской области*

*630099, г.Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

### Уважаемые коллеги!

Редакция журнала «Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока», приглашает Вас опубликовать результаты Ваших научных исследований в очередном номере журнала. Материалы (заявку и статью) просим высылать ответственному секретарю журнала Синицину В.И. по электронной почте: [v.i.sinitsin@nsawt.ru](mailto:v.i.sinitsin@nsawt.ru). Оригиналы по почте на адрес Университета с пометкой для Синицина В.И.

Требования к представлению материалов:

- 1 Статья (оригинал) и ее электронная версия в формате MS WORD (объем 3-7 страниц А4, шрифт Arial размер 11, одинарный интервал, поля 2 см).
- 2 Заявка (оригинал) и ее электронная версия в формате MS WORD на публикацию научной статьи (образец заявки см. ниже).
- 3 Графический материал не подлежит правке при наборе (при выполнении рисунков поясняющий текст должен быть разборчив); размеры рисунка не более 15×15 см; глубина цвета – оттенки серого.
- 4 Ширина таблиц не более 15 см.
- 5 Все математические формулы и выражения должны быть набраны в специальном редакторе формул (Mathtype и др.), шрифт Arial.
- 6 Обязательные ссылки на список литературы выполняются сквозной нумерацией арабскими цифрами, в квадратных скобках в порядке указания. На каждый указанный в списке источник должны быть ссылки в тексте статьи.
- 7 Отчет об оригинальности текста, не менее 85% на бесплатной версии Антиплагиата (<https://www.antiplagiat.ru/>)

**Редколлегия оставляет за собой право литературной редакции содержания статьи без согласования с автором(и)**

С условиями публикации материалов можно ознакомиться у ответственного секретаря журнала Синицина Владислава Игоревича по электронной почте: [v.i.sinitsin@nsawt.ru](mailto:v.i.sinitsin@nsawt.ru). Почтовый адрес: 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, д. 33. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта», а также на интернет-странице по адресу: <http://www.ssuwt.ru> в разделе «Наука-Научные издания». Для студентов, аспирантов и работников университета публикация материалов в журнале – бесплатно, в порядке очередности и актуальности.

**PROCEDURE FOR RECEIVING MATERIALS**

**Заявка на публикацию научной статьи**

	<b>на русском языке</b>	<b>на английском языке</b>
НАЗВАНИЕ СТАТЬИ (без каких-либо сокращений и символов)		
Аннотация (до 300 знаков)		
<i>Ключевые слова</i> (от 3 до 10 слов)		
Организация (полное юридическое название и полный почтовый адрес работы каждого из авторов)	Например: Сибирский Государственный Университет Водного Транспорта (СГУВТ), Россия, г.Новосибирск, ул. Щетинкина 33, 630099	Например: Siberian State University of Water Transport (SSUWT) 33, Schetinkina St., Novosibirsk, 630099, Russia
Автор(ы) (ФИО полностью, ученая степень, занимаемая должность, SPIN-код в системе РИНЦ)	Иванов Иван Иванович, Доктор технических наук, профессор, Зав. кафедры «...» в «СГУВТ» SPIN-код: 3333-3333	Ivanov Ivan Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department «...» in «SSUWT» SPIN-код: 3333-3333
Список литературы		
Раздел (необходимо выбрать, поставить галочку)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Эксплуатация и экономика транспорта;</li> <li>○ Путь. Путевое хозяйство;</li> <li>○ Судовождение;</li> <li>○ Теплоэнергетика;</li> <li>○ Электроэнергетика;</li> <li>○ Экология;</li> <li>○ Транспортное образование.</li> </ul>	
Координаты для обратной связи (ФИО полностью, адрес электронной почты, мобильный телефон*)		

\*-номер мобильного телефона необходим для оперативного решения возможных вопросов по поводу публикации и разглашению не подлежит

С условиями публикации ознакомлен(ы), представленный материал ранее не был опубликован, о рецензировании статьи компетентным по тематике статьи лицом не возражаем.

Дата

Подпись(и)

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

<b>Л.В. Пахомова, О.В. Щербаклова, Т.А. Косова</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НА СКЛАДЕ ПРЕДПРИЯТИЯ.....	5
<b>Л.В. Пахомова, Е.Л. Муратова</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ.....	8
<b>О.В. Щербаклова, М.В. Балькин, В.А. Юрьев, Р.К. Самородов</b> ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЕРЕГРУЗОЧНОЙ ТЕХНИКИ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА .....	12
<b>С.Н. Масленников</b> МУЛЬТИМОДАЛЬНОСТЬ КАК ВЕКТОР РАЗВИТИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА .....	16

### TRANSPORT OPERATION AND ECONOMICS

<b>L.V. Pahomova, O.V. Shcherbakova, T.A. Kosova</b> IMPROVING THE OPERATIONS OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS IN THE WAREHOUSE OF THE ENTERPRISE .....	5
<b>L.V. Pahomova, E.L. Muratova</b> USING OF INFORMATION TECHNOLOGY IN THE TRANSPORT INDUSTRY .....	8
<b>O.V. Shcherbakova, M.V. Balykin, V.A. Yuriev, R.K. Samorodov</b> FEATURES OF OPERATION OF TRANSSHIPMENT EQUIPMENT IN THE CONDITIONS OF THE FAR NORTH .....	12
<b>N. Maslennikov</b> MULTIMODALITY AS A VECTOR OF WATER TRANSPORT DEVELOPMENT .....	16

### ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

<b>В.В. Саликов</b> ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ И КЛАССИФИКАЦИЯ ФАКТОРОВ ВЛИЯНИЯ НА ВОДУ.....	20
<b>В.В. Саликов</b> ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ГИДРОЭКОЛОГИЮ РЕК .....	22
<b>В.В. Саликов</b> КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ И КАЧЕСТВА ВОДЫ .....	24
<b>В.В. Шамова, К.А. Давыдов, С.О. Казанова</b> ЗНАЧЕНИЕ РЕЧНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В ОСВОЕНИИ АРКТИЧЕСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ.....	28
<b>М.И. Ворошилова, К. Оливье</b> ОСОБЕННОСТИ ПРОПУСКА РЕЧНЫХ И МОРСКИХ СУДОВ ЧЕРЕЗ СУДОХОДНЫЕ ШЛЮЗЫ .....	32
<b>В.В. Беляева, С.В. Ступко</b> КЛАССИФИКАЦИЯ УЗЛОВ СЛИЯНИЯ РЕК .....	38
<b>М.И. Ворошилова</b> СЕВЕРНЫЕ ПОРТЫ КАК ЭЛЕМЕНТЫ ИНФРАСТРУКТУРЫ ВОДНЫХ ПУТЕЙ.....	41
<b>Н.Н. Фомичева</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЛЕДОВЫХ МАСС ЧЕРЕЗ ГИДРОУЗЛЫ В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД .....	47
<b>М.А. Бучельников, В.Н. Кофеева</b> МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РЕКИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЕЙ .....	50
<b>Е.А. Черняев</b> РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СООТНОШЕНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПОЛЬЗЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ВСЛЕДСТВИЕ ОБЪЕДИНЕНИЯ ОБЪ- ИРТЫШСКОГО И ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ВОДНЫХ БАСЕЙНОВ.....	53

### INFRASTRUCTURE OF TRANSPORT ROUTES

<b>V.V. Salikov</b> DREDGING OPERATIONS AND IMPACT'S ON WATER STATE CLASSIFICATION.....	20
<b>V.V. Salikov</b> THE INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC FACTORS ON THE HYDROECOLOGY OF RIVERS .....	22
<b>V.V. Salikov</b> CRITERIA FOR ASSESSING CHANGES IN WATER LEVEL AND QUALITY .....	24
<b>V.V. Shamova, K.A. Davydov, S.O. Cazanova</b> THE SIGNIFICANCE OF THE RIVER TRANSPORT NETWORK OF WESTERN SIBERIA IN THE DEVELOPMENT OF THE ARCTIC COAST .....	28
<b>M.I. Voroshilova, K. Olivier</b> PECULIARITIES OF THE PAS-SAGE OF RIVER AND SEA VESSELS THROUGH NAVI-GABLE LOCKS .....	32
<b>V.V. Belyaeva, S.V. Stupko</b> CLASSIFICATION OF RIVER CONFLUENCE NODES.....	38
<b>M.I. Voroshilova</b> NORTHERN PORTS AS ELEMENTS OF WATERWAY INFRASTRUCTURE.....	41
<b>N.N. Fomicheva</b> MODELING THE MOVEMENT OF ICE MASSES THROUGH WATERWORKS IN THE SPRING.....	47
<b>M.A. Buchelnikov, V.N. Kofeeva</b> METHODOLOGICAL APPROACHES TO ASSESSING THE ENVIRONMENTAL IMPACT ON RIVERS DURING THE OPERATION OF INLAND WATERWAYS.....	50
<b>E.A. Chernyaev</b> RETROSPECTIVE ANALYSIS AND ASSESSMENT OF THE RATIO OF ECONOMIC BENEFITS AND ENVIRONMENTAL RISK DUE TO THE CONNECTION OF THE OB- IRTYSH AND VOLGA-KAMA WATER BASINS .....	53

### СУДОВОЖДЕНИЕ

<b>В.И. Сичкарёв, В.С. Почтова</b> ФОРМИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ТОЧНОГО ВЕДЕНИЯ СУДНА ПО ВИРТУАЛЬНЫМ СРЕДСТВАМ НАВИГАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	56
---	----

### MANAGEMENT AND MAINTENANCE OF MEANS OF TRANSPORT

<b>V.I. Sichkarev, V.S. Pochtova</b> FORMATION OF CONDITIONS FOR ACCURATE NAVIGATION OF THE VESSEL BY VIRTUAL MEANS OF NAVIGATION EQUIPMENT .....	56
---	----

## CONTENTS

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА	HEAT POWER INDUSTRY
<p><b>С.В. Викулов, Л.В. Пахомова</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПЕРАТОРА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ МАШИНЫ..... 60</p> <p><b>С.В. Викулов, А.Н. Спиридонова</b> РАСЧЕТ КОМПЕНСАТОРА ВЕСА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ..... 66</p> <p><b>С.В. Викулов, А.Н. Спиридонова</b> РАЗВИТИЕ МЕТОДА ВИБРОИЗОЛЯЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ СИЛ СУХОГО ТРЕНИЯ ..... 72</p>	<p><b>S.V. Vikulov, L.V. Pakhomova</b> SIMULATION OF AN ENEGETIC MACHINE OPERATOR..... 60</p> <p><b>S.V. Vikulov, A.N. Spiridonova</b> CALCULATION OF THE COMPENSATOR FOR THE WEIGHT OF POWER EQUIPMENT..... 66</p> <p><b>S.V. Vikulov, A.N. Spiridonova</b> DEVELOPMENT OF THE METHOD OF VIBRATION ISOLATION OF POWER EQUIPMENT BASED ON DRY FRICTION FORCES..... 72</p>
<hr/>	
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА	ELECTRIC POWER INDUSTRY
<p><b>С.С. Харлампева, С.В. Горелов</b> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СЕТЕЙ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПОТОКОВОЙ МОДЕЛИ УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА..... 75</p> <p><b>Л.В. Пахомова, А.А. Бутузов, Е.М. Белоусова, З.Ш. Афанасьева</b> СОВРЕМЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ..... 79</p> <p><b>М.Н. Романов</b> ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЧАСТОТНО- РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ ЦИРКУЛЯЦИОННОГО БАССЕЙНА СГУВТ ..... 81</p>	<p><b>S.S. Kharlampeva, S.V. Gorelov</b> INCREASING THE EFFICIENCY OF MEDIUM VOLTAGE NETWORK OPERATION BASED ON THE STEADY- STATE POWER FLOW MODEL ..... 75</p> <p><b>L.V. Pakhomova, A.A. Butuzov, E.M. Belousova, Z.Sh. Afanaseva</b> MODERN ENERGY GENERATION. DEVELOPMENT PROSPECTS ..... 79</p> <p><b>M.N. Romanov</b> JUSTIFICATION OF THE USE OF A FREQUENCY-CONTROLLED ELECTRIC DRIVE FOR THE SGUVT CIRCULATION POOL ..... 81</p>
<hr/>	
ЭКОЛОГИЯ	ECOLOGY
<p><b>Л.В. Болтушкина</b> АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПАТЕНТОВ В СФЕРЕ ЗАЩИТЫ ОТ ПОДТОПЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ ВСЛЕДСТВИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЛИВНЕВЫХ ОСАДКОВ..... 87</p>	<p><b>T.N. Boltushkina</b> ANALYSIS OF DOMESTIC PATENTS IN THE FIELD OF PROTECTION AGAINST FLOODING OF TERRITORIES DUE TO EXTREME RAINFALL..... 87</p>
<hr/>	
ТРАНСПОРТНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ	TRANSPORT EDUCATION
<p><b>Д.А. Ефременко</b> ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ СОЦИАЛЬНО- ПСИХОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ..... 91</p> <p><b>О.Г. Куделин</b> НЕСТАНДАРТНЫЕ РЕШЕНИЯ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕРАВЕНСТВА КОШИ..... 94</p> <p><b>Е.Н. Кадышева</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ВЕКТОРНОЙ АЛГЕБРЕ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВРЕМЕНИ КОНТАКТНОЙ РАБОТЫ ..... 97</p> <p><b>Е.А. Киселева</b> ДИСЦИПЛИНА "НЕМЕЦКИЙ ЯЗЫК" В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ НА ПРИМЕРЕ «СИБИРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ВОДНОГО ТРАНСПОРТА» («СГУВТ»)..... 102</p> <p><b>Л.В. Пахомова, Н.Ю. Симушкина, Е.А. Аладко</b> ЭКОЛОГИЯ И ТРАНСПОРТНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ. ПУТИ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ТРАНСПОРТА ..... 105</p> <p><b>Е.А. Синицина, В.И. Синицин</b> АКТУАЛЬНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ СПЕЦИАЛИТЕТА "ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ" В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ РОССИИ ..... 105</p>	<p><b>D.A. Efremenko</b> PROBLEMS OF INTRODUCING GRAPHIC PROGRAMS INTO THE CURRICULA OF HIGHER EDUCATION ..... 91</p> <p><b>O.G. Kudelin</b> NON-STANDARD SOLUTIONS OF ALGEBRAIC EQUATIONS WITH INEQUALITY CAUCHY..... 94</p> <p><b>E.N. Kadyшева</b> THE USE OF INTERACTIVE TOOLS FOR TEACHING STUDENTS VECTOR ALGEBRA IN CONDITIONS OF A SHORTAGE OF CONTACT WORK TIME ..... 97</p> <p><b>E.A. Kiseleva</b> GERMAN LANGUAGE AS AN ACADEMIC DISCIPLINE AT THE TECHNICAL UNIVERSITY «SIBIRIAN STATE UNIVERSITY OF WATER TRANSPORT» («SSUWT») ..... 102</p> <p><b>L.V. Pahomova, N.Y. Simushkina, E.A. Aladko</b> ECOLOGY AND TRANSPORT EDUCATION. WAYS TO SOLVE ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF TRANSPORT ..... 105</p> <p><b>E.A. Sinitsina, V.I. Sinitsin</b> THE RELEVANCE OF THE IMPLEMENTATION OF THE EDUCATIONAL PROGRAM OF THE SPECIALTY "FIRE SAFETY" IN HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS OF RUSSIA ..... 105</p>

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ  
Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока  
№3 за 2023 год

Главный редактор – Палагушкин Б.В.

Ответственный за выпуск – Синицин В.И.

Перевод на английский язык – Солнцева Е.Н.

Подписано в печать 06.10.2023 г. с оригинал-макета

Бумага офсетная №1, формат 60x84 1/8, печать трафаретная – Riso.

Усл. печ. л. 25,58; тираж 500 экз. Заказ № 12

Цена свободная.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «СГУВТ»), 630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, тел. (383)222-64-68,  
факс (383)222-49-76

Отпечатано в издательстве ФГБОУ ВО «СГУВТ»

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ №ФС77-22440 выдано 20.12.2005 г.

ISSN 2071-3827

Подписной почтовый индекс 62390