

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 работы 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



ОСНОВЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ РЕЧНОГО И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

В.Н. Попов, Н.А. Борбит

FUNDAMENTALS OF INTERACTION OF TRANSPORT SYSTEMS ON THE EXAMPLE OF RIVER AND RAIL TRANSPORT

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

V.N. Popov (Senior Lecturer of SSUWT)

N.A. Borbit (Student of SSUWT)

ABSTRACT: The problems of interaction of railway and river transport are considered. The conducted research of river ports makes it possible to identify the main problems of interaction of adjacent modes of transport, as well as ways to solve these problems. This problem has a large-scale character in the conditions of cargo delivery.

Keywords: Railway freight cars, port infrastructure, downtime, railway track, reconstruction of ports, river vessel, river transport, railway transport.

В статье рассматриваются проблемы взаимодействия железнодорожного и речного транспорта. Проведенное исследование речных портов позволяет выделить основные проблемы взаимодействия смежных видов транспорта, а также пути решения данных проблем. Данная проблематика имеет масштабный характер в условиях доставки груза.

Модернизация современного общества предполагает решение сложного комплекса проблем технического развития и оснащения российского общества, а также поиска новых форм взаимодействия в целях оперативного отражения внешних и внутренних вызовов глобального сообщества. В числе прочих особую значимость приобретает проблема обеспечения эффективного взаимодействия железнодорожного и речного транспорта в припортовых транспортных узлах.

Актуальность исследования проблемы взаимодействия железнодорожного и речного транспорта в припортовых транспортных узлах объясняется её непосредственным влиянием на улучшение качества жизни людей и важностью для развития всего транспортного комплекса России, повышения эффективности его работы. Важнейшая в аспекте практического применения данная проблема трудна в разрешении из-за объективности своей природы и происходящих глубинных изменений в отношениях собственности, в контрактно-договорных отношениях, порождающих усложненные формы организации деятельности и множество встречных интересов экономически взаимодействующих крупных предприятий.

Главной задачей общего производственного процесса считается организация чётко налаженных действий в работе железнодорожных станций и речных портов, которая обеспечивает своевременное выполнение перевалочных планов по грузам, применение современных методик и норм обслуживания вагонов и судов, а также снижение перевозочных расходов. В целях скорейшего разрешения вышеуказанных проблем для разработки и внедрения общего производственного процесса необходимо предусмотреть [1]:

- взаимные согласования процедуры и времени обработки вагонов и судов в перевалочных местах для грузов с планами формирования и графиками передвижения по прилегающим направлениям;
- самое рациональное применение существующих технических устройств на станциях и в портах, обнаружение и применение существующих резервов пропускной способности на станциях и в портах;
- максимальное применение отправительской маршрутизации и определение самой рациональной методики погрузки и разгрузки железнодорожных вагонов и их укрупнённых групп, которая обеспечивает наименьшие временные затраты для выполнения грузовых операций и снижение длительности простоев вагонов в процессе ожидания скопления грузов, формирования и отправки вагонов в общую систему;
- перегрузки наибольшего числа грузов при помощи прямого варианта;
- увеличение производительности труда работников за счёт лучшей организации и управления производственным процессом, применения согласованных планов и диспетчерского управления движением, передовых методик работы, технических устройств и прогрессивного нормирования при обработке вагонов и судов;

- безопасное выполнение маневровых работ с вагонами и рейдовых работ с судами;
- безопасность производства погрузочных и разгрузочных операций;
- личную безопасность сотрудников;
- защиту подвижного состава и грузов от хищений.

Наиболее совершенной формой технологического взаимодействия различных видов транспорта в узлах является единый технологический процесс (ЕТП). К сожалению, в настоящее время единый технологический процесс практически не разрабатывается. В то же время опыт показывает целесообразность разработки такого документа, особенно на стыке железная дорога – порт для увязки грузопотока и тоннажа. Кроме того, использование ЕТП с применением современных информационных технологий позволит улучшить работу взаимодействующих видов транспорта [8].

Важнейшим организационным условием при проведении работ по общему производственному процессу считается соблюдение графиков движения поездов и судов, а также недопущение длительных простоев в процессе ожидания подачи вагонов и судов к портовым причалам, начала перегрузочных операций, уборки вагонов и судов после окончания погрузки или разгрузки и отправки их из портовой зоны.

Общий производственный процесс функционирования железнодорожных станций и речных портов организуют при помощи технического вооружения портов и станций, под которой подразумевается [3]:

- технические и эксплуатационные характеристики железнодорожных станций и обслуживаемых ими речных портов с учётом целевого применения железнодорожных путей и парков, портовых причалов, складов для грузов, маневровых зон на станциях и на рейдах портов, ёмкости грузовых складов;

- общие схемы путевых систем с установкой механизированных средств, маневрового оборудования и производственных зданий. На схемах приводятся маршруты движения железнодорожного транспорта, подачи и уборки вагонных групп.

Исходными данными для разработки структуры общего производственного процесса считаются [5]:

- объёмы и характеристики перевалочных работ по видам грузов;
- состав общих смен;
- прогрессивные нормативы для производственных операций с вагонами и судами.

В общем производственном процессе предусмотрены:

- алгоритм, время и структура сведений о подходе поездов и судов, подаче их в разгрузочные точки и к портовым причалам, а также алгоритм проведения перегрузочных, коммерческих и технологических действий;

- оптимальный технологический процесс обработки вагонов и судов при выполнении перегрузочных действий согласно прямому варианту и при помощи склада по общему графику обработки поездов и судов, схемы совмещённых операций по обработке поездов и судов в точках массовой перегрузки и режимные карты производства погрузочных и разгрузочных действий с судами и вагонами;

- оптимальные способы организации деятельности товарно-технических контор;
- алгоритм ведения приёмных и сдаточных действий с вагонами и судами.

Всё вышесказанное отражено в основных документах, которые являются составляющим звеном общего производственного процесса, – суточных планах и графиках функционирования станций и портов. Помимо вышеперечисленного, в общем производственном процессе приводятся технологические требования к работе портов и станций в зимнее время и обеспечивается общий контроль и анализ выполненных перегрузочных операций на станциях и в портах. Общие производственные процессы на конкретных перегрузочных пунктах содержат дополнительные организационные и эксплуатационные вопросы, расчёты и обоснования.

Деятельность по разработке общих производственных процессов делится на 2 стадии [7]:

- анализ существующих организационных систем в работе речных портов и железнодорожных станций, выработка мероприятий в целях совершенствования технологий, внедрение которых может выполняться в новых общих производственных процессах, подборка исходной информации, необходимых расчётов и обоснований;
- разработка, согласование и введение в действие общих производственных процессов.

Создание общих производственных процессов выполняется при помощи бригады из сотрудников железнодорожных станций и портов. Общий производственный процесс утверждает начальники участков железных дорог и портов. В случае усиления технической оснащённости и путевой структуры станций и портов, изменений в объёмах и характере деятельности перегрузочных пунктов, графиков передвижения составов и судов, планов составления и маршрутизации, алгоритма подачи и уборки вагонов общий производственный процесс необходимо скорректировать.

Функционирование железнодорожных станций и портов производится на при помощи планов, которые предусматривают размеры загрузки, разгрузки и перевалки грузов, периода и порядка передачи вагонов станциями и портами, длительности и порядка обработки судов и составов в портах и на станциях.

Планы функционирования станций и портов на месяц и по сменам составляются при помощи графиков загрузки, разгрузки и перевалки грузов, информации о наличии вагонов, судов и грузов в перегрузочных пунктах, сведений о подходе составов и судов, графиков прибытия составов и судов, заявок портов на поставки пустых вагонов, существующего технического оборудования и рабочей силы для производства погрузочных и разгрузочных операций. Начальники станций и портов вместе с представителями транспортных экспедиционных организаций, начальниками портовых районов и прочими заинтересованными сторонами проводят совместные планёрные совещания, на которых выполняют анализ деятельности станций и портов за минувший день и исходя из располагаемой информации планируют грузовые работы на следующий день [2].

Оперативное управление маневровыми и грузовыми работами, обработкой составов и судов осуществляется маневровыми диспетчерами станций и старшими сменными диспетчерами портов, которым в оперативном порядке подчиняются сменные районные диспетчеры, сменные диспетчеры железнодорожных портовых групп и сменные диспетчеры железнодорожных районных групп в портах.

Диспетчеры портов обеспечивают:

- выполнение сменных и суточных планов портовых работ и согласованную деятельность со станциями, своевременное информирование станций о подходах судов и прибытии грузов в порты;
- загрузку грузов со складов в составы, разгрузку грузов из составов в склады и перегрузки при помощи прямого варианта;
- выполнение назначенных нормативов обработки судов и нормативов простоя составов при производстве грузовых операций;
- максимальную степень использования грузовых фронтов и механизированного оборудования для ведения погрузочных и разгрузочных операций;
- увязки технологических и грузовых операций, которые выполняются в портах и на станциях по перегрузкам согласно совмещённым технологиям и общим графикам обработки составов и судов.

Повышенное внимание портовые диспетчеры уделяют контролю соблюдения норм охраны труда во время выполнения погрузочных и разгрузочных операций. В целях дополнительных гарантий слаженности работы станций и портов во время перегрузки следует создавать единые сменные графики.

Исходя из направлений движения потоков грузов перевалочные порты делятся на три вида: с перегрузкой с судов в железнодорожные составы, из железнодорожных составов на суда и по двум направлениям.

Организация перегрузки с одного транспортного вида в другой по общему производственному процессу может осуществляться в каждом из трёх случаев. Ведение общего производственного процесса тесно увязано с ритмами функционирования перегрузочных пунктов, т. е. с такими подачами подвижных составов всех транспортных видов, при которых нет дополнительных простоев судов и составов и больших технологических перерывов в функционировании техники.

На ритмичное функционирование перевалочных пунктов оказывают влияние пропускные возможности пристаней, промежутки времени между прибытием и обработкой подвижных составов обоих видов транспорта, соотношения подаваемых на причальные фронты гружёного и пустого транспорта, система подачи гружёного и пустого транспорта на перегрузочные фронты.

Если технологические интервалы подачи вагонов будут меньше длительности грузовой и технологической обработки, то обязательно возникнут простои транспорта или, при высокой частоте подачи вагонов, полностью будут исключены возможности с этими пропускными возможностями перегрузочных пунктов гарантировать полную передачу грузов из одного транспортно-портного вида в другой. Затем, при подаче к перегрузочным фронтам пустого транспорта в меньших размерах, чем требуется по объемам грузов, подлежащих передаче из одного транспортно-портного вида в другой, создаётся необходимость частичного складирования грузов на портовых территориях, и напротив, если пустого транспорта будет подано больше, то возникнут простои в целях ожидания грузов либо транспорт уйдет в рейс недогруженным.

Соответственно, в целях обеспечения ритмичной работы перегрузочных пунктов и организации их работы по общему производственному процессу, следует произвести нижеследующие действия [4]:

1. Пропускные возможности пристаней перегрузочных пунктов должны отвечать объемам транспортировки грузов при смешанной форме сообщения;
2. Минимальные интервалы подачи вагонов должны равняться или превышать технологические интервалы для обработки - данное условие следует записать на случаи подачи судов и вагонов;
3. Количество пустого транспорта, подаваемого для загрузки одним транспортным видом транспорта, должно быть согласовано по объемам грузов с другими транспортными видами, т. е. при ранее установленных значениях для перегрузки;
4. Календарное время погрузки маршрутов необходимо устанавливать принимая во внимание прибытие судов и вагонов в перегрузочные пункты, а также время их технической обработки.

По данным причинам организация функционирования портов и железнодорожных станций по общему производственному процессу может быть налажена только в случае согласованного и взаимоувязанного по времени подхода составов и судов в перегрузочные пункты, большая значимость имеется у обоснования интервалов между подачей судов и составов. Для обоснования наилучшего варианта комплектации составов во время смешанного сообщения и создания совместных графиков передвижения составов и судов, в первую очередь необходимо добиться четкой согласованности весовых нормативов для речных судов и железнодорожных вагонов. При этом должна быть достигнута наибольшая степень увязки ведомственных маршрутов передвижения и упрощения контроля их выполнения.

По оценкам экспертов, основной причиной не позволяющей быстро нарастить грузопоток через порты, является устаревшая железнодорожная инфраструктура – об этом заявили 85 % опрошенных отраслевых специалистов [9]. Строительство дополнительных подъездных путей, реконструкция железнодорожных разгрузочных комплексов, закупка маневровых локомотивов и внедрение современных программных комплексов для управления складской логистикой требует значительных инвестиций. Частные компании не готовы вкладывать столь значительные суммы. Усугубляет ситуацию трудность выделения и эксплуатации части объекта, в отдельную бизнес-единицу, с целью постепенной модернизации и скорейшего возврата инвестиций. Исправить ситуацию можно путём строительства припортовых складов, чтобы ускорить разгрузку и не допускать простоя вагонов. Специализированные складские терминалы, оборудованные современными средствами для перевалки сыпучих грузов, позволили бы увеличить пропускную способность железнодорожного хозяйства на 20-25 %.

Решить обозначенную проблему, на наш взгляд, можно двумя путями [6].

Во-первых, через совершенствование действующей системы использования подвижного состава. Для этого необходимо:

- предусмотреть в штатном расписании должность второго осматрщика вагонов в целях уменьшения простоя вагонов от прибытия до подачи под погрузку;
- принять вариант обслуживания порта локомотивами станции и порта с распределением между ними следующего функционала: подача и уборка вагонов в порт на выставочные пути осуществляется локомотивом станции, а расстановка вагонов выполняется портовым локомотивом, что сократит простой в ожидании подачи и уборки вагонов в среднем на 4 часа;
- ввести систему централизованного управления парком порожних вагонов с планированием пунктов назначений порожних вагонов после выгрузки, что позволит сократить простой порожних вагонов частных собственников;
- совершенствовать взаимодействие станций и порта в части согласования времени

подхода судов и вагонов (при этом следует рассмотреть возможность составления контактных графиков обработки судов и вагонов и учесть опыт взаимодействия станций и порта, накопленный в годы плановой экономики).

Во-вторых, через совершенствование путевого развития железнодорожной сети. Для этого целесообразно реализовать следующие мероприятия:

- удлинить часть погрузочно-выгрузочных путей, что позволит обеспечить взаимозаменяемость перегрузочных путей, увеличить вместимость грузовых фронтов до целого маршрута, реализовать возможность выполнения параллельных операций по подаче груженых и уборке порожних вагонов;

- удлинить прикордонные пути с целью создания единого прикордонного погрузочно-выгрузочного фронта, который обеспечил бы взаимозаменяемость смежных грузовых фронтов, позволил размещать на них целиком маршрут до 60 вагонов и использовать эти пути как выставочные;

- разместить группу выставочных путей.

Рассмотренные нами причины простоя вагонов и предложенные меры по их устранению позволят значительно улучшить эффективность взаимодействия железнодорожного и речного транспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галабурда, В. Г. Единая транспортная система. / В. Г. Галабурда, В. А. Персианов, А. А. Тимошин - М.: Транспорт, 2019 г. – 303 с.
2. Маталин, В. П. Устройство и оборудование речных портов. / В. П. Маталин. – М.: Транспорт, 2020. – 420 с.
3. Персианов, В. А. Моделирование транспортных систем. / В. А. Персианов, К. Ю. Скалов, / Н. С. Усков. - М.: Транспорт, 2019. – 310 с.
4. Понятовский, В. В. Порты и терминальные устройства. / В. В. Понятовский. - М.: МГАВТ, 2020. - 457 с.
5. Попов, В. В. Управление портами и портовой деятельностью. / В. В. Попов. – М.: Кнорус, 2020. – 390 с.
6. Резер, С. М. Комплексное управление перевозочным процессом в транспортных узлах. / С. М. Резер. - М.: Транспорт, 2020. - 159 с.
7. Рудометкин, В. В. О совершенствовании организации погрузо-разгрузочных работ в речных портах. / В. В. Рудометкин. - М.: Транспорт, 2015. - 450 с.
8. Боровская, Ю. С. Единый технологический процесс в согласованной работе речного порта и железнодорожной станции / Ю. С. Боровская, В. Ю. Зыкова // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2016. – № 1-2. – С. 15-17. – EDN WJGQUL.
9. Гюнтер, А. В. Итоги и перспективы речных перевозок в Западной Сибири / А. В. Гюнтер, Е. С. Кадникова, В. С. Никифоров // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2018. – № 2. – С. 28-31. – EDN SQODUF.

REFERENCES

1. Galaburda, V. G. Unified transport system. / V. G. Galaburda, V. A. Persianov, A. A. Timoshin - M.: Transport, 2019 - 303 p.
2. Matalin, V. P. Device and equipment of river ports. / V. P. Matalin. – M.: Transport, 2020. – 420 p.
3. Persianov, V. A. Modeling of transport systems. / V. A. Persianov, K. Yu. Skalov, / N. S. Uskov. - M.: Transport, 2019. – 310 p.
4. Ponyatovsky, V. V. Ports and terminal devices. / V. V. Ponyatovsky. - M.: MGAVT, 2020. - 457 p.
5. Popov, V. V. Management of ports and port activities. / V. V. Popov. – M.: Knorus, 2020. – 390 p.
6. Rezer, S. M. Integrated management of the transportation process in transport hubs. / S. M. Rezer. - M.: Transport, 2020. - 159 p.
7. Rudometkin, V. V. On improving the organization of loading and unloading operations in river ports. / V. V. Rudometkin. - M.: Transport, 2015. - 450 p.
8. Borovskaya, Yu. S. Unified technological process in the coordinated work of a river port and a railway station / Yu. S. Borovskaya, V. Yu. Zykova // Scientific problems of transport in Siberia and the Far East. – 2016. – No. 1-2. – PP. 15-17. – EDN WJGQUL.
9. Gunter, A.V. Results and prospects of river transportation in Western Siberia / A.V. Gunter, E. S. Kadnikova, V. S. Nikiforov // Scientific problems of transport in Siberia and the Far East. – 2018. – No. 2. – PP. 28-31. – EDN SQODUF.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Железнодорожные грузовые вагоны, портовая инфраструктура, простои, железнодорожный путь, реконструкция портов, речное судно, речной транспорт, железнодорожный транспорт

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Попов Виктор Николаевич, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»

Борбит Никита Андреевич, студент ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

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

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОБЪЕМОВ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СУДОХОДНЫХ ПРОРЕЗЕЙ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

А.А. Перфильев

METHODOLOGY FOR CALCULATING DREDGING VOLUMES IN THE DEVELOPMENT OF NAVIGABLE SLOTS

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

A.A. Perfiliev (Senior Lecturer of SSUWT)

ABSTRACT: In this paper, it is proposed to calculate the volume of excavated soil from the navigable slot, using a specialized program.

Keywords: Project, navigable slot, program, guaranteed depth.

В данной работе предлагается выполнение расчета объема вынутого грунта из судоходной прорези, с помощью специализированной программы.

Для подсчета объемов дноуглубительных работ существуют аналитические методы позволяющие выполнить оценку объемов дноуглубления с достаточной точностью.

Существуют так же методы расчета объемов основанные на графическом построении поперечных или продольных профилей.

В данной работе предлагается выполнение расчета объема вынутого грунта из судоходной прорези, с помощью специализированной программы Trimble Geomatics Office.

Для этого план участка реки, с нанесенной на него проектной прорезью открывается в программе MapInfo и регистрируется в проекции план-схема по 4 или более точкам, имеющих координаты. Практически всегда в качестве этих точек можно использовать перекрестья координатных линий. После регистрации плана и создания двух, трех слоев (новых таблиц) на плане можно производить вычерчивание линий требуемой длины, полигонов, точечных объектов, производить измерения «линейкой», определять координаты точечных объектов и площади полигонов, выводить на печать план или часть его в требуемом масштабе.

При проектировании новых прорезей надо принимать во внимание существующие габариты пути для данного участка, тип руслового процесса, рельеф русла, скорости и направления движения потока [1].

Проектные глубины, должны быть рассчитаны в зависимости от гарантированных глубин с поправкой на неровность выработки грунта дноуглубительной техникой, запасом на заносимость и поправкой учитывающей колебания уровня в процессе дноуглубления (рисунок 1).

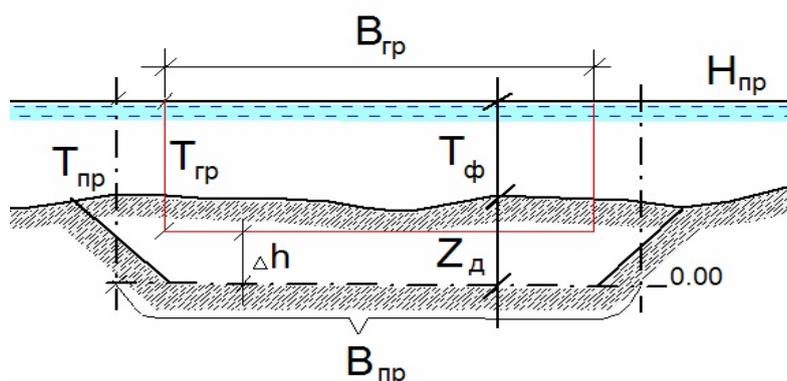


Рисунок 1 – Схема к расчету объемов дноуглубительных работ

$H_{пр}$ – проектный уровень, м; $T_{пр}$ – гарантированная глубина, м; $B_{гр}$ – гарантированная ширина судоходного хода, м; $T_{гр}$ – проектная глубина судоходного хода, м; $B_{пр}$ – проектная ширина судоходного хода, м; $T_{ф}$ – фактическая глубина, м; Δh – суммарная поправка на неровность выработки дноуглубительной техникой, на заносимость, колебания уровня воды во время работы, м; $Z_{д}$ – высота точки дна или толщина снимаемого слоя, м.

Расчет объемов выработки грунта при помощи программы Trimble Geomatics Office производится в следующей последовательности:

1. По контуру прорези наносятся точки, имеющие характерные глубины с таким расчетом, чтобы в полной мере отобразить рельеф дна (рисунок 2);
2. Определяются прямоугольные координаты (X, Y) точек и фактические глубины от проектного уровня;
3. Далее в условной системе высот рассчитываются высоты этих точек по следующей зависимости:

$$Z_d = T_{пр} - T_{ф}$$

где: $T_{пр}$ – проектная глубина прорези, м;
 $T_{ф}$ – фактическая глубина от проектного уровня, м.

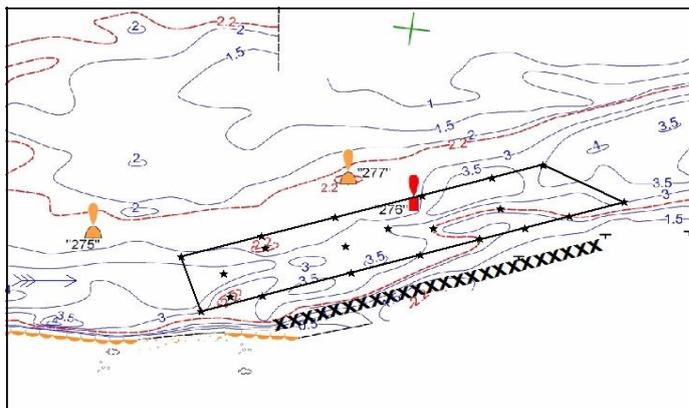


Рисунок 2 – Проектная прорезь на перекате Телячий

4. Точки по прямоугольным координатам X, Y и Z_d переносятся (экспорт точек) в программу Trimble Geomatics Office (см. рисунок 3)

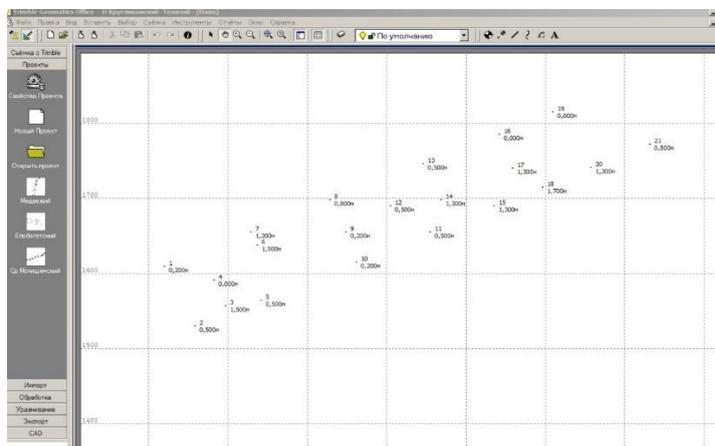


Рисунок 3 – Окно программы Trimble Geomatics Office

5. По этим точкам в программе Trimble Geomatics Office производится интерполяция и создается новая поверхность, отображающая рельеф дна в виде горизонталей.

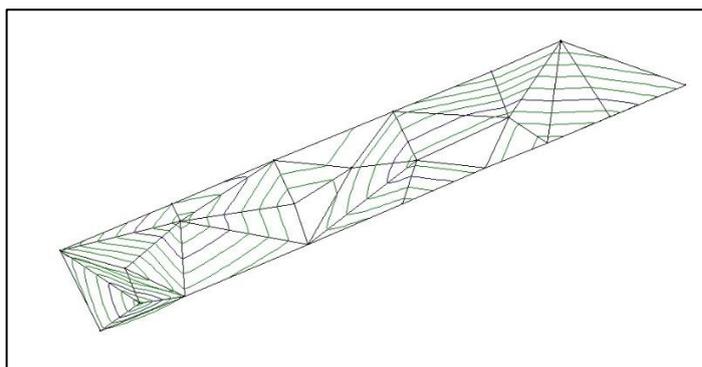


Рисунок 4 – Поверхность, отображающая рельеф дна в горизонталях

6. Производится расчет площади прорези и объема грунта между горизонтальной плоскостью (проектное дно) и фактической поверхностью дна.

Объём Отметка.	
<i>Проект. Н Кругликовский- Телячий</i>	
Проект с именем	Н Кругликовский- Телячий
Поверхность	Прк.Телячий
ед измерения	Метры
Дата	29.12.2013 01:37
Поверхность: Прк.Телячий	
Базовая отметка	0,000 метры
Площадь поперечного сечения над базовой отметкой	50586,5 кв. метры
Площадь поверхности над базовой отметкой	50597,2 кв. метры
Объём над базовой отметкой	36871,300 Cu Метры
Центр тяжести модели над базовой отметкой	1679,925 x (север) 4004,674 y (восток)

Рисунок 5 – Отчет об объемах грунта между проектным и фактическим дном

Следует отметить, что определение объемов дноуглубительных работ используя программу Trimble Geomatics Office целесообразней выполнять когда координирование промерных точек производится с помощью GPS –приемника, например Trimble R3 (недорогой, одночастотный приемник геодезического класса).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ботвинков В.М. Гидроэкология на внутренних водных путях: Учебник для воднотранспортных вузов/ В.М. Ботвинков, В.В. Дегтярев, В.А. Седых – Новосибирск, 2002. – 356 с.

REFERENCES

1. Botvinkov V.M. Hydroecology on inland waterways: Textbook for water transport universities / V.M. Botvinkov, V.V. Degtyarev, V.A. Sedykh – Novosibirsk, 2002. – 356 p.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Проект, судоходная прорезь, программа, гарантированная глубина
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Перфильев Аркадий Анатольевич, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЕМ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫМИ ОПЕРАЦИЯМИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Л.В. Пахомова, О.В. Щербакова, В.Р. Пичхадзе, В.В. Пахомова

IMPROVING THE MANAGEMENT OF LOADING AND UNLOADING OPERATIONS

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

L.V. Pahomova (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof., SSUWT)
O.V. Shcherbakova (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof., SSUWT)
V.R. Pichkhadze (Senior Lecturer, SSUWT)
V.V. Pahomova (Master Student, SSUWT)

ABSTRACT This article is devoted to methods of improving the management of loading and unloading operations for the purpose of safe work by lifting and transport facilities.

Keywords: Loading and unloading and transport and storage operations, transport and warehouse logistics, assessment of transport and storage operations and loading and unloading operations, scorecard, efficiency of transport and storage operations.

Данная статья посвящена методам совершенствования управлением погрузочно-разгрузочными операциями с целью безопасного производства работ подъёмно-транспортными сооружениями.

Место и роль складов в логистике. Под складом понимаются здания, сооружения и разнообразные устройства, оснащенные специальным технологическим оборудованием, для осуществления всего комплекса операций по приемке, хранению, размещению и распределению поступивших на них товаров.

Основное назначение склада – концентрация запасов, их хранение и обеспечение бесперебойного и ритмичного снабжения заказов потребителей.

Склад или совокупность складов вместе с обслуживающей инфраструктурой образует складское хозяйство. Основные задачи складского хозяйства на промышленном предприятии состоят в организации бесперебойного снабжения производства соответствующими материальными ресурсами, в обеспечении их сохранности и максимальном сокращении затрат, связанных с осуществлением складских операций.

Склады образуют одну из основных подсистем логистической цепи. Логистическая система формирует организационные и технико-экономические требования к складам, устанавливает цели и критерии оптимального функционирования складской системы, определяет условия переработки грузов. В свою очередь организация складирования материалов (выбор места расположения складов, способ хранения материалов и др.) оказывают существенное влияние на издержки обращения, размер и движение запасов на различных участках логистической цепи [1].

Склады в логистике имеют как положительную, так и отрицательную роль. Негативной стороной складирования является увеличение стоимости товара за счет издержек по содержанию запасов на складах. Это – расходы на складские операции, аренду склада, текущие затраты по содержанию складов. Кроме того, создание складских запасов приводит к иммобилизации (замораживанию) значительных финансовых ресурсов, которые могли бы быть использованы организацией на другие цели. Поэтому складирование продукции оправдано только в том случае, если оно позволяет снизить издержки или улучшить качество логистического сервиса (достичь более быстрого реагирования на спрос или экономии на превентивных закупках по более низким ценам).

Положительная роль складирования заключается в том, что они обеспечивают выравнивание производства, создают необходимые технические и организационные условия для комплектации грузов, концентрации и распределения запасов.

Объективная необходимость в специально обустроенных местах для содержания запасов существует на всех стадиях движения материальных потоков, начиная от первичного источника сырья и кончая конечным потреблением. Этим объясняется наличие большого количества видов складов.

В зависимости от места в логистической цепи и роли в процессе товародвижения они разделяются на следующие группы [2]:

- склады предприятий-производителей продукции (в сфере снабжения);
- склады потребителей продукции (в сфере производства);
- склады сбытовых фирм (в сфере распределения);
- склады посреднических организаций.

Склады предприятий-производителей специализируются на хранении сырья, материалов, комплектующих и другой продукции производственного назначения и осуществляется снабжение (прежде всего) производящих потребителей.

Склады в производстве предназначены для обеспечения непрерывности протекания технологических процессов. На этих складах хранятся запасы незавершенного производства, приборы, инструменты, запчасти и др. В зависимости от роли в процессе производства и подчиненности склады промышленных организаций разделяются на:

- снабженческие (подчиняются отделу материально-технического снабжения), обеспечивающие производство материалами, комплектующими изделиями, покупными полуфабрикатами и т.п.;
- производственные (подчиняются планово-производственному или планово-диспетчерскому отделу), предназначенные для хранения полуфабрикатов собственного производства и технологической оснастки;
- сбытовые (подчиняются отделу сбыта), в которых хранятся материальные ценности, подлежащие реализации.

В зависимости от сферы обслуживания склады предприятий подразделяются на:

- общезаводские (центральные),
- прицеховые (филиалы центральных складов)
- цеховые, подчиняющиеся начальникам цехов.

Склады сбытовых организаций служат для поддержания непрерывности движения товаров из сферы производства в сферу потребления. Основное их назначение заключается в преобразовании производственного ассортимента в торговый и в бесперебойном обеспечении различных потребителей, включая розничную сеть.

Склады посреднических (прежде всего транспортных) организаций предназначены для временного складирования, связанного с экспедицией материальных ценностей [3].

Сюда относятся:

- склады железнодорожных станций;
- грузовые терминалы автотранспорта, морских и речных портов;
- терминалы воздушного транспорта.

По характеру выполняемых операций грузопереработки они относятся к транспортно-перевалочным. Группа этих складов может находиться как в рамках снабженческой, так и распределительной логистики.

По функциональному назначению все склады делятся на пять разновидностей:

- склады перевалки (оборота) грузов в транспортных узлах при выполнении смешанных, комбинированных и других перевозок;
- склады хранения, обеспечивающие концентрацию необходимых материалов и их хранение для соответствующего функционирования производства;
- склады комиссионирования, предназначенные для формирования заказов в соответствии со специфическими требованиями клиентов;
- склады сохранения, обеспечивающие сохранность и защиту складироваемых изделий;
- специальные склады (например, таможенные склады, склады временного хранения, тара возвратных отходов и т.д.).

По конструктивным особенностям склады подразделяются на:

- закрытые;
- полужакрытые (иметь только крышу или крышу и одну, две или три стены);
- открытые площадки.

В зависимости от специфики и номенклатуры хранимых материалов склады подразделяются на:

- универсальные;
- специализированные.

В универсальных складах хранятся материальные ресурсы широкой номенклатуры. Специализированные склады предназначены для хранения однородных материалов (например, склад чугуна, лакокрасочных материалов и т.д.).

Различают склады и по степени механизации складских операций:

- немеханизированные;
- механизированные;
- автоматизированные;
- автоматические.

К основным функциям склада можно отнести следующие:

1) Создание необходимого ассортимента в соответствии с заказом потребителей. В закупочной и производственной логистике эта функция направлена на обеспечение необходимыми материально-техническими ресурсами (по количеству и качеству) различных фаз производства. В распределительной логистике данная функция имеет особое значение. Склады торговли осуществляют преобразование производственного ассортимента в потребительский в соответствии с заказом клиента. Создание нужного ассортимента на складе содействует эффективному выполнению заказов потребителей и осуществлению более частых поставок и в том объеме, который требуется клиенту.

2) Складирование и хранение. Выполнение этой функции позволяет выравнять временную разницу между выпуском продукции и ее потреблением, дает возможность на базе создаваемых запасов обеспечивать непрерывный производственный процесс и бесперебойное снабжение потребителей. Хранение товаров в распределительной системе необходимо также и в связи с сезонным потреблением некоторых товаров.

3) Утилизация партий отгрузки и транспортировка грузов. Многие потребители заказывают со складов партии “меньше чем вагон” или “меньше чем трейлер”, что значительно

увеличивает издержки, связанные с доставкой таких грузов. Для сохранения транспортных расходов склад может осуществлять функцию объединения (утилизацию) небольших партий грузов для нескольких клиентов, до полной загрузки транспортного средства.

4) Предоставление услуг. С целью обеспечения более высокого уровня обслуживания потребителей склады могут оказывать клиентам различные услуги: подготовку товаров для продажи (фасовка продукции, заполнение контейнеров, распаковка и т.д.); проверку функционирования приборов и оборудования, монтаж; придание продукции товарного вида; транспортно-экспедиционные услуги и т.д.

Управление погрузочно-разгрузочными и транспортными операциями. Одним из условий повышения эффективности выполнения технологических процессов на складах является рациональная организация управления погрузочно-разгрузочными и транспортными операциями. Управление этими операциями направлено на сокращение длительности технологических процессов на основе выбора оптимальных структур этапов обработки грузов, простоев подъемно-транспортных механизмов, обеспечение ритмичной работы складов и максимальное облегчение труда складских работников всех категорий. Это может быть достигнуто при условии возможности выбора средств механизации, наличия квалифицированных кадров и оперативной системы управления.

Управлять погрузочно-разгрузочными операциями можно путем организации диспетчерской службы в рамках оптового предприятия, что позволяет централизовать оперативный контроль и координацию управления всеми операциями складской обработки грузов и таким образом обеспечить согласованную работу подразделений оптовых предприятий и выполнение установленных планов, повысить ритмичность работы.

Уровень организации управления погрузочно-разгрузочными операциями, и, в частности, диспетчерской службы, в значительной мере зависит от технической оснащенности. Поэтому на оптовых базах могут использоваться промышленное телевидение, диспетчерская связь, пневмопочта, телефонная связь.

Любая система управления эффективна лишь при хорошо налаженной работе всех ее звеньев. Низшее структурное звено рассматриваемой системы управления – бригада грузчиков-водителей. Бригадный метод способствует более четкой организации процессов складской обработки грузов, повышению производительности труда, коэффициента использования подъемно-транспортного оборудования, а также способствует рациональному использованию рабочего времени грузчиков-водителей и повышению их материальной заинтересованности в результатах труда. Более совершенной формой организации труда является организация комплексных бригад грузчиков и водителей погрузочно-разгрузочных механизмов. При этом методе устанавливается единая ответственность всех членов бригады за конечные результаты и их материальная заинтересованность [4].

Повышение эффективности управления технологическими процессами на крупных оптовых базах обеспечивается созданием единых информационно-диспетчерских служб, основное значение которых заключается в обеспечении ритмичной работы всех подразделений оптового предприятия; контроле за выполнением заказов покупателей по всей технологической цепочке; выявлении отклонений от заданий в течение планового периода и их ликвидации путем привлечения специальных подразделений базы.

Автоматизация управления операциями на складе. Управление технологическими процессами на складах на основе ЭВМ включает решение задач оптимального размещения товаров на складах, формирования заказов на отборку, управления операциями размещения, управления отборкой, в том числе контроля отборки и отгрузки товаров в розничную сеть и др.

Оптимальным считается такое размещение товаров, при котором достигается минимизация затрат на их внутрискладскую транспортировку (или минимум пробега подъемно-транспортного оборудования) и наиболее полное использование емкости склада. Это достигается установлением кратчайших путей движения товаров и устранением встречных потоков. Определение рациональной схемы хранения товаров предполагает предварительное изучение и анализ информации о среднем объеме и массе складываемых товаров, запасах по складу в целом, по группам и видам товаров, свойствах и видах транспортной упаковки, возможности совместного хранения различных групп (видов) товаров, о частоте их поступления и отпуска и способах комплектования партий.

Для решения задач по оптимальному размещению товаров на складе может быть использована модель транспортной задачи линейного программирования. При решении задачи на ЭВМ для каждого участка определяются товары, которые целесообразно на них размещать. Полученное решение наносится на специально подготовленную карту-схему участков склада, которая является проектом плана размещения товаров. Но карты-схемы оптимального размещения товаров не должны быть "жесткой системой", необходимо предусматривать и возможные изменения. Уточнение размещения товаров по участкам склада продолжается при согласовании полученного проекта с соответствующими категориями работников склада, что позволяет учесть некоторые специфические факторы работы склада и свойства товаров. Согласованные схемы оформляются и передаются на склад для оперативного управления размещением товаров.

Управление складом с помощью ЭВМ. Эффективность управления технологическими процессами в условиях АСУ оптовыми предприятиями зависит от четкой системы контроля за отборкой и отгрузкой товаров на основе применения ЭВМ.

Система контроля за отборкой и отгрузкой с помощью ЭВМ позволяет обеспечить:

- непрерывный ежедневный контроль за процессами отборки и отгрузки товаров со складов;
- своевременную выдачу данных о нарушениях процесса реализации товаров с указанием количества задержек по каждому этапу, а также сроков задержки;
- сокращение затрат ручного труда работников, занятых контролем;
- контроль за ходом выполнения подразделениями оптовой базы взаимосвязанных работ.

Информация о несвоевременной отгрузке товаров получателям распечатывается в машинограмме по товарным отделам и складам. Кроме того, в машинограмме указываются грузополучатели, которым товары не отгружены.

Машинограммы используются для оперативного контроля и регулирования отборки и отгрузки товаров со склада, что позволяет уменьшить число задержек при отгрузке.

Экономическая эффективность от внедрения автоматизированного контроля за отборкой и отгрузкой партий достигается за счет ускорения отправки товаров покупателям, что в конечном счете способствует выполнению планов товарооборота розничными торговыми предприятиями и поддержанию установленного для них ассортимента товаров [5].

Методы повышения эффективности работы склада.

1) Улучшение организации и обслуживания рабочих мест. Данное направление предусматривает реализацию комплекса мероприятий, которые охватывают рациональную организацию, оснащение и размещение рабочих мест, правильный уход за средствами труда, полную загрузку оборудования и обеспечение бесперебойного процесса на рабочем месте каждого работника склада.

2) Изучение и распространение передовых приемов и методов труда. Сюда относятся мероприятия, направленные на сокращение тяжелого и однообразного труда работников склада. Передовые методы должны основываться на использовании достижений науки и техники, исключить лишние операции и движения в процессе труда и тем самым способствовать снижению усталости работников и достижению высоких результатов труда.

3) Улучшение условий труда. Мероприятия этого направления предусматривают улучшение производственной среды и повышение культуры труда складских работников. При этом одновременно выполняются требования охраны труда, здравоохранения и противопожарной профилактики. Данные мероприятия способствуют сохранению здоровья и повышению работоспособности, снижают нагрузки и оказывают благоприятное влияние на производительность труда складских работников.

4) Подготовка и повышение квалификации кадров. Мероприятия, связанные с подготовкой и повышением квалификации складских работников, способствуют выполнению ими более сложной работы в большем объеме при меньших затратах труда и времени. Поэтому НОТ предусматривает не только обеспечение соответствующей квалификации складских работников, т.е. достаточной степени пригодности, умелости человека при выполнении трудовых функций, но и повышение культуры труда и общеобразовательного уровня.

5) Совершенствование нормирования труда. Данное направление предусматривает разработку и применение научно обоснованных норм выработки и времени на складские

операции, нормативов численности рабочих. Тем самым устанавливаются необходимые количественные и качественные затраты труда на выполнение операций складского технологического процесса.

Рассмотренные направления НОТ тесно связаны с такими мероприятиями, как:

– обеспечение материальной и моральной заинтересованности в результатах труда всего коллектива и отдельных работников;

– воспитание работников в духе сознательного отношения к труду;

– укрепление трудовой дисциплины и повышение творческой активности трудящихся.

Работа по НОТ на складах осуществляется в два этапа.

Первый этап предусматривает изучение и анализ состояния организации труда, второй – разработку и внедрение планов НОТ.

При изучении существующей организации труда на складах должен быть проведен сравнительный анализ фактического состояния организации труда с действующими нормами, правилами, инструкциями, положениями. При анализе состояния организации труда широко используют данные хронометража, фотографии, расчеты эффективности, сравнительные экономические показатели.

На основе изучения полученных данных составляют план конкретных мероприятий по НОТ, предусматривающий перечень необходимых работ по основным ее направлениям с указанием сроков выполнения, ответственных за них и необходимых затрат. Планы согласовываются в установленном порядке с профсоюзными организациями и утверждаются руководителем предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаджинский А.М. Практикум по логистике / А.М. Гаджинский. – Москва: Дашков и К, 2017. – 320 с.
2. Аникин Б. А. Логистика: Учеб. пособие / Б. А. Аникин. – М.: ИНФРА-М. – 327 с.
3. Сток Д. Р. Стратегическое управление логистикой / Д. Р. Сток, Д. М. Ламберт. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 797 с.
4. Неруш Ю. М. Логистика: Учебник для ВУЗов / Ю. М. Неруш. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 389 с.
5. Горфинкель В. Я. Экономика предприятия: Учебник для вузов / В. Я. Горфинкель, Е. М. Купряков. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 2004. – 367 с.

REFERENCES

1. Gadzhinsky A. M. Workshop on logistics / A. M. Gadzhinsky. - Moscow: Dashkov i K, 2017. - 320 p.
2. Anikin B. A. Logistics: Proc. allowance / B. A. Anikin. – M.: INFRA-M. – 327 p.
3. Stock D. R. Strategic management of logistics / D. R. Stock, D. M. Lambert. – M.: INFRA-M, 2005. – 797 p.
4. Nerush Yu. M. Logistics: Textbook for Universities / Yu. M. Nerush. – M.: UNITI-DANA, 2000. – 389 p.
5. Gorfinkel V. Ya. Economics of the enterprise: Textbook for universities / V. Ya. Gorfinkel, E. M. Kupriakov. - M.: Banks and stock exchanges, UNITI, 2004. - 367 p.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Погрузочно-разгрузочные и транспортно-складские операции, транспортно-складская логистика, оценка транспортно-складских операций и погрузочно-разгрузочных работ, система показателей, эффективность транспортно-складских операций.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Пахомова Людмила Владимировна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Щербакова Ольга Валерьевна, кандидат техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Пичхадзе Вадим Рафаилович, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Пахомова Валерия Валерьевна, магистрант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

УРАВНЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ЯКОРЯ В АКТИВНОЙ ЧАСТИ ПЕРИОДА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водногосударственного транспорта»

В.И. Сичкарёв, А.Н. Хохряков

EQUATION OF MOTION OF A HYDRODYNAMIC ARMATURE IN THE ACTIVE PART OF THE PERIOD.

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

V.I. Sichkarev (Doctor of Technical Sciences, Prof. of SSUWT)

A.N. Khokhryakov (Postgraduate Student of SSUWT)

ABSTRACT: The equation of motion of the hydrodynamic armature in the active half-period of pitching is compiled. The solution of the differential equation is obtained, its adequacy to the equation is verified. The calculated values of the components of the kinematics of the raft and GDYA are given. The conducted modeling allows us to proceed to quantitative definitions of the braking effect of the GDR on the raft.

Keywords: Hydrodynamic anchor, mathematical modeling, equation of motion.

Составлено уравнение движения гидродинамического якоря в активном полупериоде качки. Получено решение дифференциального уравнения, проверена его адекватность уравнению. Даны расчётные значения составляющих кинематики плота и ГДЯ. Проведённое моделирование позволяет перейти к количественным определениям тормозящего действия ГДЯ на плот.

Для разработки теории проектирования гидродинамического якоря (ГДЯ) каждого типа необходимо выполнение расчётов его воздействия на плот. При этом именно плот вызывает то колебательное движение ГДЯ, которое в итоге должно снижать скорость дрейфа плота. Налицо система взаимодействующих тел, которые связаны гибким тросом, оказывающим воздействие на соединяемые тела только при положительных (растягивающих) нагрузках. При этом разработанные конструкции ГДЯ создают активные силы, совершающие работу против сил дрейфа, только в полупериод подъёма плота на переднем склоне волны. На заднем склоне волны ГДЯ должен восстановить исходное рабочее положение, находясь в основном под действием сил собственного веса. Такие условия работы ГДЯ обосновывают разбиение инженерной модели работы системы на активную и восстановительную части периода колебаний. Каждая из них имеет свои особенности в части взаимного расположения элементов ГДЯ и, соответственно, в структуре уравнения движения.

Рассмотрим порядок составления уравнения движения ГДЯ в активной части полупериода и его решения.

Для условий задачи принято, что волнение перемещается в положительную сторону оси x ; уравнение волновых ординат

$$\zeta = r \cos(kx - \omega t), \quad (1)$$

где $r = h/2$;

$\omega = 2\pi / T$;

высота $h = 1$ м;

период $T = 4$ с, рисунок 1.

Плот помещён точкой подвеса ГДЯ в координатную точку $x = 0$; участвует в орбитальном движении по окружности диаметром h ; уравнение орбитального движения точки подвеса ГДЯ

$$\zeta = r \cos \omega t; \quad (2)$$

Составляющие скорости точки подвеса ГДЯ (ТПЯ) на плоту

$$v_x = \frac{\pi h}{T} \cos(kx - \omega t); v_z = \frac{\pi h}{T} \sin(kx - \omega t). \quad (3)$$

Полный вектор скорости ТПЯ

$$v_{\Pi} = \sqrt{v_x^2 + v_z^2} = \frac{\pi h}{T}; \quad (4)$$

Направление полного вектора скорости относительно вертикальной оси

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{v_x}{v_z} = \operatorname{ctg}(kx - \omega t),$$

откуда

$$\varepsilon = \operatorname{arctg}[\operatorname{ctg}(kx - \omega t)]. \quad (5)$$

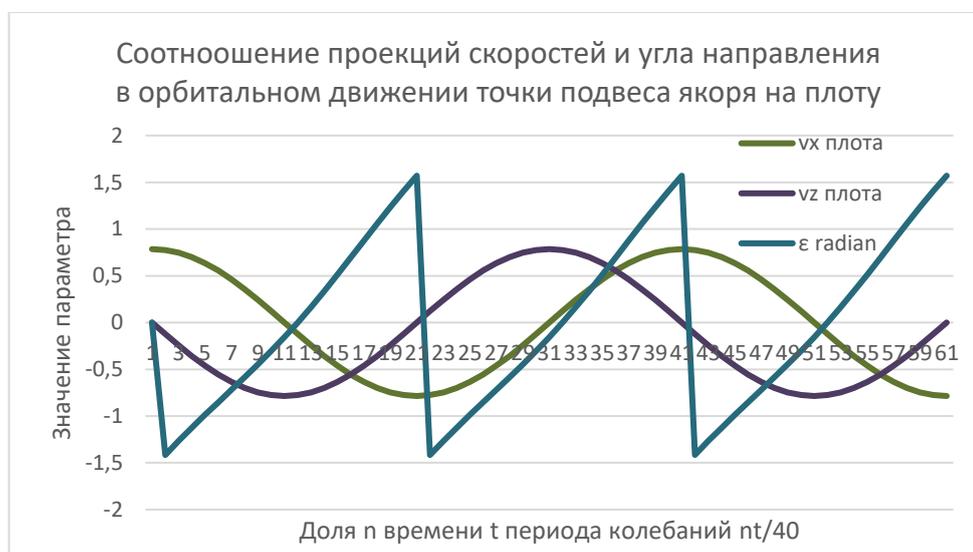


Рисунок 1 – Соотношение проекций скоростей точки подвеса якорного троса на плоту в процессе его колебаний на волнении высотой $h = 1$ м и периодом $\tau = 4$ с

Представленное на рисунке 1 значение направления ε полного вектора скорости в связи с математическими особенностями представления обратных тригонометрических функций даёт величину ε только в пределах от $-\pi/2$ до $+\pi/2$; для кругового представления ε понадобится вводить дополнительные условия.

Трос ГДЯ длиной L верхним концом подвешен в ТПЯ; нижним концом закреплён к системе подвеса ГДЯ таким образом, что линия троса проходит через центр тяжести (ТЦ) ГДЯ, а кили ГДЯ расположены под углом φ к линии троса. Абстрагируясь от деталей подвеса, можно полагать, что трос закреплён в ЦТ ГДЯ, а ГДЯ под нагрузкой расположен к тросу под углом φ . Трос воспринимает и передаёт только растягивающие нагрузки; точки подвеса троса считаются шарнирами без внутреннего сопротивления.

В физическом эксперименте, под который разрабатывается инженерная матмодель, использовался трёхкилевой ГДЯ массой $m = 5,8$ кг.

Для разработки матмодели принимается, что в начальный момент времени $t = 0$ в ТПЯ трос отклонён от вертикали на начальный угол θ , рисунок 2. Следовательно, в начальный момент времени, поскольку $\varepsilon < 0$, угол ξ между линией троса и полным вектором скорости ТПЯ

$$\xi = \theta - \varepsilon. \quad (6)$$

Проекция полного вектора скорости ТПЯ на линию троса v_T и на нормаль к ней v_H

$$v_T = v_H \cos \xi; \quad v_H = v_H \sin \xi. \quad (7)$$

Смещение ТПЯ по нормали к тросу приводит к изменению угла наклона троса на величину

$$\operatorname{tg} d\theta = \frac{v_H dt}{L} \approx d\theta. \quad (8)$$

В первой четверти периода, когда $v_H < 0$, также и $d\theta < 0$, что приводит к уменьшению начального угла наклона троса θ .

Проекция скорости v_T перемещает трос вдоль его оси, а вместе с тросом перемещается и ГДЯ.

При этом, в связи с возможностью работы троса только на растяжение, необходимо разделить весь период колебательного движения ТПЯ на две части: в первой части ТПЯ поднимается вверх, $v_T \geq 0$, а во второй части ТПЯ опускается вниз, $v_T < 0$.

Соответственно этому необходимо составить две математические модели движения ГДЯ: первая матмодель описывает активную часть периода, когда на ГДЯ возникают

гидродинамические силы, способствующие снижению дрейфа спасательного плота, а вторая математическая модель описывает полупериод возврата ГДЯ на исходные позиции без передачи на трос растягивающей нагрузки.

Математическая модель активной части периода. В начальный момент времени перемещение троса и ГДЯ по вектору v_T соответствует движению потока воды на ГДЯ противоположно v_T .

Для расчёта ГДЯ вводится локальная система координат, связанная с направлением потока обтекающей воды v . По этому направлению формируется ось X . Перпендикулярно оси X в сторону выпуклости крыла прокладывается ось Y . Хорда крыла в активном полупериоде параллельна длинной стороне киля ГДЯ. Угол атаки α крыла определяется положением хорды крыла относительно вектора скорости воды v . Возникающая на крыльях при их обтекании жидкостью гидродинамическая сила F характеризуется величиной и направлением. Направление A измеряется углом, отсчитываемым от оси Y в сторону оси X .

Поскольку ГДЯ установлен относительно линии троса под углом φ , угол атаки крыльев ГДЯ в начальный момент $\alpha = \varphi$.

По гидродинамическому исследованию крыльев в ГДЯ рассчитаны координатные составляющие F_x , F_y гидродинамической силы F , отнесённые к единице длины крыла $l = 1$ м. В [1] рассчитана полная удельная сила F и угол отклонения A этой силы от оси Y ; результаты представлены в табличном виде.

В начальный момент по полученным значениям v_T и $\alpha = \varphi$ из таблиц [1] определяется путём интерполяции полная удельная гидродинамическая сила F и её направление A относительно оси Y . Для получения полной гидродинамической силы R нужно полную удельную силу F умножить на суммарную длину всех крыльев ГДЯ Σl :

$$R = F \cdot \Sigma l. \quad (9)$$

Далее необходимо силу R спроектировать на линию троса и на нормаль к линии троса. В начальный момент (рисунок 1), когда координатная ось X совпадает с линией троса, угол β между вектором R и осью X равен

$$\beta = 90^\circ - A. \quad (10)$$

Проекция силы R на линию троса R_T и на нормаль к ней R_H равны

$$R_T = R \cdot \cos \beta; \quad R_H = R \cdot \sin \beta. \quad (11)$$

Сила R_T совместно с силой веса $P = mg$ обеспечивает натяжение троса, которое передаётся на плот и создаёт противодействующую дрейфу плота горизонтальную составляющую

$$T_T = (R_T + mg \cdot \cos \theta) \cdot \sin \theta. \quad (12)$$

Сила R_H вызовет перемещение ГДЯ по нормали к тросу с ускорением

$$\frac{dv}{dt} = L \frac{d\omega}{dt}, \quad (13)$$

где ω – угловая скорость перемещения ГДЯ, связанная с его мгновенной линейной скоростью v соотношением $v = \omega \cdot l$.

Нормальное к тросу перемещение ГДЯ приведёт к изменению угла θ на величину $d\theta = \omega \cdot dt$; к появлению силы сопротивления трения на элементах ГДЯ; к изменению скорости потока $v_2 = v_1 + L \cdot d\omega$ и её направления относительно линии троса на угол

$$\operatorname{tg} \psi = L \cdot d\omega / v_T. \quad (14)$$

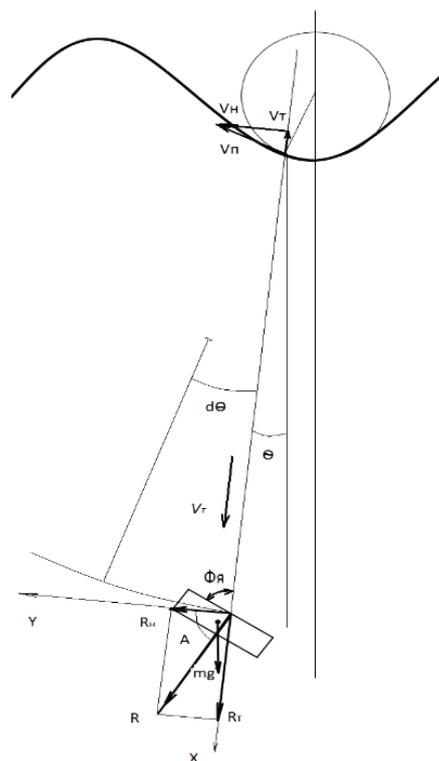


Рисунок 2 – Соотношение параметров плота, троса и ГДЯ на начальный момент времени $t = 0$

Тангенциальное перемещение ГДЯ под действием силы R_H описывается уравнением равновесия

$$R_H = R_{ин} + R_{тр} + P \cdot \sin \theta, \quad (15)$$

где $R_{ин} = m L \frac{d\omega}{dt}$ – инерционная сила; (16)

$R_{тр}$ – сила сопротивления трения элементов ГДЯ;

$$P \cdot \sin \theta = mg \cdot \sin \theta – \text{проекция сил веса.} \quad (17)$$

Сопротивление трения описывается выражением

$$R_{тр} = 0,5(\zeta_{пл} + \zeta_{ш})\rho v^2 \Omega, \quad (18)$$

где $\zeta_{пл}$; $\zeta_{ш}$ – коэффициенты сопротивления технически гладкой пластины и добавочный коэффициент на шероховатость пластины;

ρ – плотность воды;

Ω – суммарная площадь смоченной поверхности ГДЯ.

Коэффициент сопротивления зависит от числа Рейнольдса $Re = vL / \nu$, где ν – кинематический коэффициент вязкости, $\nu \approx 1,4 \cdot 10^{-6}$. При средней скорости потока $v = 0,75$ м/с и характерном размере ГДЯ $L = 0,8$ м

$$Re = \frac{0,75 \cdot 0,8}{1,4 \cdot 10^{-6}} = 430000. \quad (18a)$$

В этом случае

$$\zeta_{пл} = 0,0307 \cdot Re^{-1/7} = 0,00481; \quad \zeta_{ш} = 0,0007; \quad (18б)$$

Суммарный коэффициент трения

$$\zeta = \zeta_{пл} + \zeta_{ш} = 0,00481 + 0,0007 = 0,00551. \quad (18в)$$

Суммарная площадь смоченной поверхности ГДЯ определяется двумя сторонами трёх килевых пластин размером $0,15 \times 0,8$ м и двумя сторонами плоскости крыльев суммарным размером $0,8 \times 0,8$ м; итого

$$\Omega = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 2 + 2 \cdot 3 \cdot 0,15 \cdot 0,8 = 2,0 \text{ м}^2. \quad (18г)$$

В итоге сила трения ГДЯ

$$R_{тр} = 0,5(\zeta_{пл} + \zeta_{ш})\rho v^2 \Omega = 0,5 \cdot 0,0055 \cdot 1000 \cdot 2 \cdot (\omega L)^2 = k L^2 \omega^2, \quad (19)$$

где $k = 0,5(\zeta_{пл} + \zeta_{ш})\rho \Omega$; (20)

для рассматриваемого ГДЯ $k = 5,5$. (21)

Таким образом, в развёрнутом виде уравнение равновесия ГДЯ

$$m L \frac{d\omega}{dt} + k L^2 \omega^2 + mg \cdot \sin \theta = R_H. \quad (22)$$

Приведём уравнение (20) к удобному виду, поделив все члены на mL ,

$$\frac{d\omega}{dt} + \frac{kL}{m} \omega^2 + \frac{g}{L} \sin \theta - \frac{R_H}{mL} = 0. \quad (23)$$

Обозначим

$$a^2 = \frac{R_H - mg \cdot \sin \theta}{kL^2}; \quad (24)$$

$$b = -\frac{kL}{m}. \quad (25)$$

С этими обозначениями уравнение (25) предстаёт в виде

$$\frac{d\omega}{dt} = b(\omega^2 - a^2). \quad (26)$$

Разделяя в (26) переменные, получаем

$$\frac{d\omega}{\omega^2 - a^2} = b \cdot dt. \quad (27)$$

Такое представление позволяет записать решение уравнения в квадратурах, [2], и представить общий интеграл в виде

$$bt = \int \frac{d\omega}{\omega^2 - a^2} + C, \quad (28)$$

или в форме Коши

$$bt = \int_{y_0}^y \frac{d\omega}{\omega^2 - a^2} + bx_0. \quad (29)$$

Согласно [3], интеграл (28) берётся в элементарных функциях

$$\int \frac{d\omega}{\omega^2 - a^2} = \frac{1}{2a} \ln \left| \frac{\omega - a}{\omega + a} \right| + C, \quad (30)$$

следовательно,

$$bt = \frac{1}{2a} \ln \left| \frac{\omega - a}{\omega + a} \right| + C. \quad (31)$$

Найдём постоянную интегрирования из условия: при $t = 0$ $\omega = 0$. Подставим это условие в (31); поскольку $\ln 1 = 0$, то $C = 0$.

Разрешим (31) относительно искомой функции ω :

$$\omega = a \frac{1 + \exp(2abt)}{1 - \exp(2abt)}. \quad (32)$$

Проверку правильности полученного решения можно провести подстановкой (32) в исходное дифференциальное уравнение (26). Дифференцируя (32) по t , получаем

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{4a^2 b e^{2abt}}{(1 - e^{2abt})^2}. \quad (33)$$

Подставляя (33) и (32) в (26), после несложных алгебраических преобразований получаем тождество

$$4e^{2abt} = 4e^{2abt}, \quad (34)$$

которое доказывает справедливость (32) как решение уравнения (26).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сичкарёв В.И. Компьютерное моделирование работы крыла гидродинамического якоря / В.И. Сичкарёв, А.Н. Хохряков, Ю.С. Покалюхин, А.В. Бабенко // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока, № , 2022. – С.20 - 28.
2. Матвеев Н.М. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений. – М.: Высшая школа, 1967. – 564 с.
3. Прудников А.П. Интегралы и ряды / А.П. Прудников, Ю.А. Брычков, О.И. Маричев. – М.: Наука, 1981. – 800 с.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

Гидродинамический якорь, математическое моделирование, уравнение движения.

Сичкарёв Виктор Иванович, Доктор техн. наук ФГБОУ ВО «СГУВТ»

Хохряков Андрей Николаевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»

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

REFERENCES

1. Sichkarev V.I. Computer modeling of the hydrodynamic anchor wing / V.I. Sichkarev, A.N. Khokhryakov, Yu.S. Pokalyukhin, A.V. Babenko // Scientific problems of transport in Siberia and the Far East, no., 2022. – P. 20 - 28.
2. Matveev N.M. Methods of integration of ordinary differential equations. – M.: Higher School, 1967. – 564 p.
3. Prudnikov A.P. Integrals and series / A.P. Prudnikov, Yu.A. Brychkov, O.I. Marichev. – M.: Nauka, 1981. – 800 p.

ДЕФЕКТОСКОПИЧНОСТЬ ГРЕБНЫХ ВАЛОВ БЫВШИХ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

А.Ф. Кузнецов

FLAW DETECTION OF USED PROPELLER SHAFTS

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

A.F. Kuznetsov (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

ABSTRACT: Propeller shafts are highly responsible parts on which the safety of water transport operation depends. An analysis of the causes of propeller shaft breakdowns and the main defects of the used shafts was carried out. A comparison of control methods for technological labor intensity is given and recommendations for choosing the optimal method are given.

Keywords: Flaw detection, propeller shaft, metal fatigue, non-destructive testing, laboriousness.

Гребные валы являются высокоответственными деталями от которых зависит безопасность эксплуатации водного транспорта. Выполнен анализ причин поломок гребных валов и основных дефектов валов бывших в эксплуатации. Дано сравнение методов контроля по технологической трудоемкости и даны рекомендации по выбору оптимального метода.

Гребные валы работают в тяжелых условиях: коррозия, знакопеременные циклические нагрузки, изнашивание, удары твердых объектов по винту. Как следствие основные дефекты валов, поступающих на восстановительный ремонт: смятие резьбы, выработка на опорных шейках, электрохимическая коррозия в местах контакта с водой, изгибы, усталостные трещины/1/.

По требованиям Российского Речного Регистра валы проходят неразрушающий контроль НК /2/. В практике НК гребных валов нашли широкое применение следующие методы:

- Визуально измерительный ВИК;
- Вихретоковый ВК /3/;
- Магнитопорошковый МК /4/;
- Капиллярный ПВК /5/;
- Ультразвуковой УК /6/.

Каждый из этих методов имеет свои достоинства и недостатки.

Гребные валы изготавливаются из поковок углеродистых и легированных сталей различных категорий прочности /7/, и проходят НК на стадии заготовки, когда она имеет простую и удобную для контроля форму. Ожидаемые дефекты при выполнении такого контроля – это дефекты обработки давлением. В следствие этого можно предположить, что повторный контроль валов бывших в эксплуатации направлен в основном на поиск поверхностных дефектов (трещин) возникающих от усталости металла под воздействием знакопеременных нагрузок (рисунок 1). Данный тип дефектов может быть обнаружен всеми перечисленными выше методами. Однако состояние валов бывших в эксплуатации или уже подвергавшихся ремонту не всегда удовлетворяет требованиям этих методов. Сложность формы (галтельные переходы, шпоночные пазы, конусы), состояние поверхности (шероховатость, коррозионные раковины, волнистость) усложняют и иногда делают невозможность применения некоторых методов. Данные методы также имеют разную стоимость и трудоемкость.

Практика эксплуатации и НК показывает, что усталостные трещины часто встречаются: в районе конуса гребного винта как следствие плохой пригонки ступицы гребного винта особенно если он «висит» на малом диаметре конуса рисунок 2, разбитом шпоночном пазе, зонах термического влияния при наплавке опорных шеек/8/, носовом конусе при нарушении центровки валопровода, в стержневой части вала от износа дейдвудного подшипника увеличение изгибающего момента и крутильных колебаний.

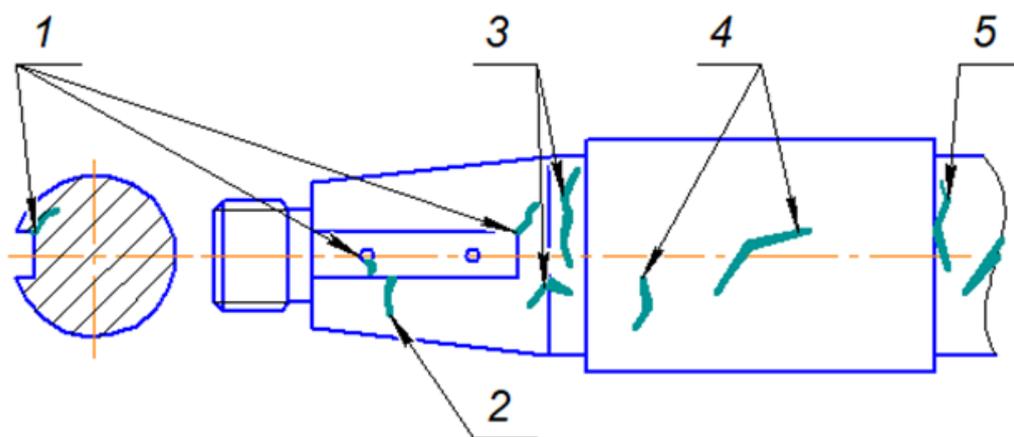


Рисунок 1 – Характерные места появления трещин (1 – концентраторы напряжений; 2 – плохая посадка ступицы; 3 – изгибающий момент от консольных нагрузок; 4 – усталостные и коррозионно-усталостные повреждения; 5 – зона термического влияния при наплавке)



Рисунок 2 – Посадка ступицы винта по малому диаметру конуса

ВИК не позволяет обнаружить микротрещины с малым раскрытием и протяженностью или совпадающих с кольцевыми рисками от износа, металлообработки. Можно оценить общее состояние вала, следы износа, выработка на опорных шейках.

ВК позволяет обнаружить усталостные трещины если поверхность не подвержена сильной коррозии, дефект не находится на краю детали, где возможны ложные срабатывания сигнализатора. При контроле по корродированной поверхности наблюдается большое число ложных сигналов, что заставляет делать повторное сканирование или снижать чувствительность и как следствие трещины малого размера могут быть не обнаружены /9/.

МК эффективен на поверхностях с малой шероховатостью. Коррозионные раковины мешают течению магнитной суспензии. Необходимо обязательно размагничивать проконтролированные участки /4/.

ПВК метод обладает высокой чувствительностью, прост в применении, но требует качественной и тщательной очистки поверхности /5/. В практике судоремонта это механическая очистка абразивом и обработка растворителями /10/. Усталостные трещины опорных шеек забиваются продуктами износа дейдвудного подшипника и очистка таких трещин затруднительна. Коррозионные раковины снижают контрастность индикаторных картин проявляемых трещин. Данный метод эффективен в районе конусов, шпоночных пазах, галтельном переходе от резьбы к конусу /11,12/.

УК затруднен сложностью форм контролируемых поверхностей, особенно в районе шпоночного паза. Объект считается полностью дефектоскопичным УК если через все участки объекта можно провести луч с трех перпендикулярных направлений /6/. Для проведения такого контроля необходим набор датчиков под различные диаметры, смена датчиков в процессе

контроля и перенастройка прибора увеличивают трудоемкость и стоимость такого контроля. Эффективность УК снижается при наличии язвенной коррозии, ухудшается акустический контакт поверхностные трещины не видны на фоне шумов.

Все это заставляет искать оптимальный метод контроля, по стоимости контроля и трудоемкости. Таким методом является метод магнитной памяти металла МПМ /9, 13/. Данный метод нечувствителен к состоянию поверхности, позволяет выявлять зоны концентрации напряжений и как следствие этих напряжений усталостные трещины. Метод магнитной памяти наименее трудоемок. Типичная диаграмма изменения напряженности собственного магнитного поля детали в местах усталостных повреждений металла представлена на рисунке 3. Можно сравнить данные методы по технологической трудоемкости при контроле одного метра вала диаметром 120 мм (таблица 1).

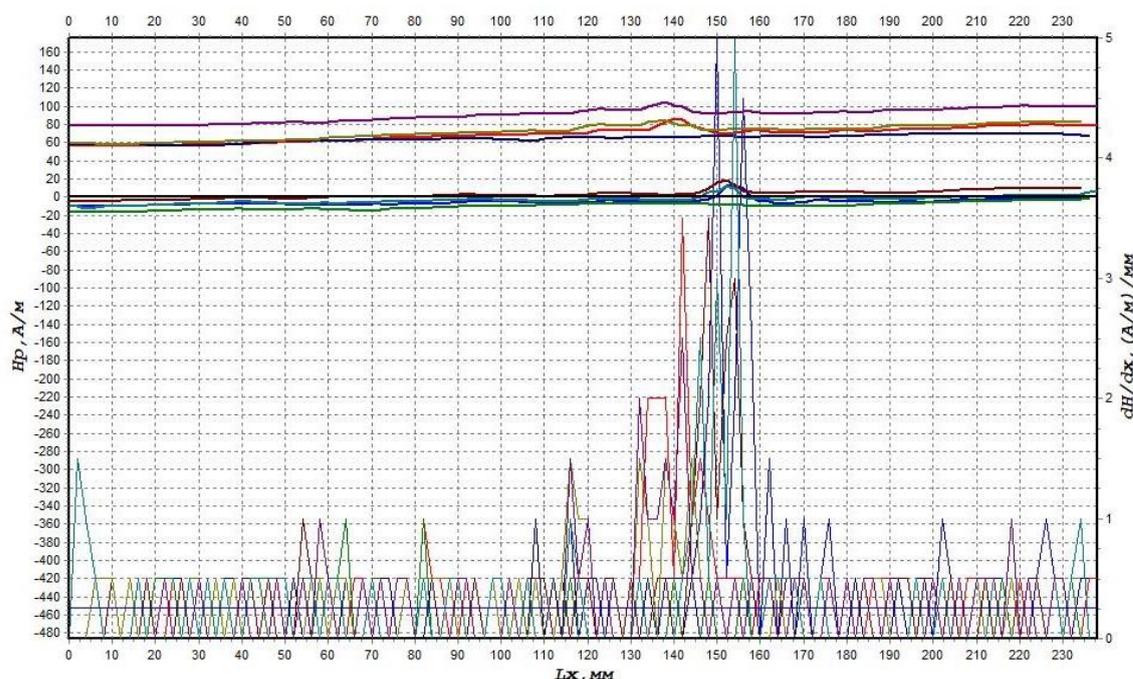


Рисунок 3– Напряженность магнитного поля вала

Таблица 1 – Сравнение методов

Метод	Подготовка поверхности	Параметры контроля	Технологическая трудоемкость
ВК	Механическая очистка	ВДЛ-5.2 Средняя скорость сканирования 75 мм/с Шаг 5 мм Два направления	32 мин
МК	Механическая очистка, промывка 5 мин, грунтовка 5 мин, нанесение суспензии 5 мин	Суспензия и грунт Overcheck. Магнит УНПМ-ЭС. Намагничивание в двух направлениях и визуальный осмотр 5-10 с. на один этап. При контроле постоянным магнитом приблизительно 60 этапов. 60 минут	75 мин
МПВ	Механическая очистка, промывка 5 мин, сушка 5 мин, нанесение пенетранта и выдержка 15-20 мин, удаление излишков пенетранта 5 мин, нанесение проявителя, промывка 15-20 мин.	Набор препаратов Overcheck Осмотр лупа 6 -10 х, скорость осмотра 100 мм/мин, шаг 10 мм, 6 мин	50 мин

Продолжение таблицы 1

Метод	Подготовка поверхности	Параметры контроля	Технологическая трудоемкость
УК	Механическая очистка	УД2ВП46, датчик П122-2,5-65 Скорость сканирования ≤ 150 мм/мин, шаг 5 мм, Три направления	37 мин
МПМ		ИКНМ-2ФП Скорость сканирования 100 мм/мин четыре шага	7 мин

Для повышения качества НК и исключения ложной браковки гребного вала рекомендуется проводить дополнительный вихретоковый или капиллярный контроль на участках с повышенными значениями напряженности. В случае обнаружения трещины для определения ее глубины и принятия решений о дальнейшей целесообразности и методе ремонта можно использовать УК. Применение данной технологии позволит значительно сократить трудоемкость и стоимость НК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барановский А.М. Уравновешивание и виброзащита механизмов. – Новосибирск: НГАВТ, 2006.
2. Зуев А.К. Экспериментальное изучение поперечных колебаний тонкой балки // ДЭУ речных судов. 1999.

REFERENCES

1. Baranovsky A.M. Balancing and vibration protection of mechanisms. – Novosibirsk: NGAVT, 2006.
2. Zuev A.K. Experimental study of transverse vibrations of a thin beam // DEU river vessels. 1999.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Дефектоскопичность, гребной вал, усталость металла, неразрушающий контроль, трудоемкость

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Кузнецов Алексей Федорович, кандидат техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»

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

РЕЗОНАНСЫ НАСЫЩЕННОГО ПОГЛОЩЕНИЯ НА ПЕРЕХОДАХ С МОМЕНТОМ УРОВНЕЙ $J=1/2$ В СИЛЬНОМ НАСЫЩАЮЩЕМ ПОЛЕ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водногоспорта»

Э.Г. Сапрыкин, А.А. Черненко, А.Г. Никитенко

RESONANCES OF SATURATED ABSORPTION ON TRANSITIONS WITH LEVEL MOMENTA $J=1/2$ IN THE STRONG SATURATING FIELD.

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

Institute of Automation and Electrometry SB RAS, 1 Koptug aven., Novosibirsk, 630090, Russia

Institute of Semiconductor Physics SB RAS, 13 Lavrentyev aven., Novosibirsk, 630900, Russia

E.G. Saprykin (Ph.D. of Physico-mathematical Sciences, Leading Researcher of Institute of Automation and Electrometry SB RAS)

A.A. Chernenko (Ph.D. of Physico-mathematical Sciences, Senior Researcher of Institute of Semiconductor Physics SB RAS)

A.G. Nikitenko (Ph.D. of Physico-mathematical Sciences, Assoc. Prof., SSUWT)

ABSTRACT: The physical processes that form the saturated absorption resonance spectra at the atomic transition with level momenta $J=1/2$ in the field of unidirectional waves of arbitrary intensities with a change in the direction of their polarization are investigated numerically. It is shown that the anomalies of the nonlinear resonance spectra and the processes forming them are determined by the direction of light wave polarizations, openness degree of the atomic transition, and the saturating wave intensity. The conditions under which the nonlinear resonance is exclusively coherent, due to the magnetic coherence of transition levels, are revealed.

Keywords: Saturated absorption resonance, unidirectional waves, closed and open transitions, polarization of fields, magnetic coherence of levels.

Численно исследуются физические процессы, формирующие спектры резонансов насыщенного поглощения на атомном переходе с моментом уровней $J=1/2$ в поле однонаправленных волн произвольной интенсивности при изменении направления их поляризации. Показано, что аномалии спектров резонансов и формирующие их процессы определяются характером поляризации световых волн, степенью открытости атомного перехода и интенсивностью насыщающей волны. Выявлены условия, при которых резонанс носит исключительно когерентный характер, обусловленный магнитной когерентностью уровней перехода.

Интерес к исследованиям спектроскопических эффектов при резонансном взаимодействии нескольких световых полей с вырожденными атомными переходами обусловлен многообразием физических процессов, протекающих в данных системах, включая интерференцию атомных состояний, проявляющуюся в виде узких структур в исследуемых спектрах [1-6]. Простейшей вырожденной квантовой системой является переход с моментом уровней $J = 1/2$. В работе [7] был проведен теоретический анализ данного перехода и в приближении слабых оптических полей аналитически были установлены количественные соотношения между процессами, формирующими структуры резонанса насыщенного поглощения, и определены вклады таких процессов, как насыщение населенностей и когерентных биений населенностей уровней, эффекта индуцирования оптическими полями магнитной когерентности (МК) уровней и её переноса между уровнями разных состояний, а также влияние открытости атомного перехода на характер структур этих резонансов. В настоящей работе рассматривается ситуация, когда насыщающее поле не является слабым. В этом случае аналитические решения задачи несправедливы и необходимо применять численные методы решений.

Спектр поглощения пробного поля в системе двух уровней с моментом $J=1/2$. Будем рассматривать задачу о спектре поглощения пробного поля в газе двухуровневых атомов с полным моментом уровней $J = 1/2$ (рисунок 1) в присутствии поля сильной волны. Сильная волна полагается монохроматической, линейно поляризованной (частота ω , напряженность электрического поля E , волновой вектор k), резонансной атомному переходу с частотой ω_{mn} . Пробная волна также монохроматическая (частота ω_μ , напряженность поля E_μ , волновой вектор k_μ) с линейной поляризацией, параллельной (далее пара), либо ортогональной (далее орто) поляризации сильного поля. Газ считаем бесстолкновительным.

В системе координат с осью квантования вдоль направления вектора E сильное поле вызывает переходы между подуровнями (рисунок 1) с изменением магнитного числа $\Delta M = 0$, а пробное поле – переходы с изменением $\Delta M = 0$ при пара поляризациях, либо с $\Delta M = \pm 1$ при орто поляризациях полей. При решении исходим из кинетических уравнений для матрицы плотности атомной системы [3]. В случае 4-х уровневой системы (рисунок 1), взаимодействующей с сильным и пробным полем, кинетика диагональных ρ_{mi} , ρ_{nk} и недиагональных ρ_{ik}

элементов матрицы плотности ρ_{mn} описывается следующей системой уравнений:

$$\left(\frac{d}{dt} + \Gamma_m\right)\rho_{mi} = Q_{mi} - 2\operatorname{Re}\left(i\sum_k \rho_{ik}V_{ki}\right), \quad (1)$$

$$\left(\frac{d}{dt} + \Gamma_n\right)\rho_{nk} = Q_{nk} + \sum_i A_{ik}\rho_{mi} + 2\operatorname{Re}\left(i\sum_i \rho_{ki}V_{ik}\right), \quad (2)$$

$$\left(\frac{d}{dt} + \Gamma_{ik}\right)\rho_{ik} = -i\sum_j (V_{ij}\rho_{jk} - \rho_{ij}V_{jk}) + \delta\rho_{ik}^s, \quad (3)$$

где индексы i и k обозначают магнитные подуровни верхнего и нижнего состояний, $V = G \exp(-i\Omega t) + G^\mu \exp(-i\Omega_\mu t)$ – оператор взаимодействия атомного перехода с полями, а величины $G = d_{mn}E/2\hbar$ и $G^\mu = d_{mn}E_\mu/2\hbar$ – матричные элементы оператора взаимодействия;

d_{mn} – приведенный матричный элемент перехода; Γ_m, Γ_n – константы релаксации уровней;

Γ_{ik} – константы релаксации поляризации на разрешенных ($\Gamma_{ik} = \Gamma$) и запрещенных ($\Gamma_{ik} = \Gamma_m, \Gamma_n$) переходах между подуровнями m и n состояний;

A_{ik} – скорости спонтанного распада магнитных подуровней верхнего состояния m по каждому из каналов;

Q_{mi}, Q_{nk} – скорости возбуждения этих под-уровней. В случае основного состояния Γ_n определяется средним пролетным временем взаимодействия атомов со световым полем.

Частоты в операторе взаимодействия с учетом движения атомов есть: $\Omega = \omega - \omega_{mn} - \mathbf{k}\mathbf{v}$, $\Omega_\mu = \omega_\mu - \omega_{mn} - \mathbf{k}_\mu\mathbf{v}$, где \mathbf{v} – вектор скорости атома. В уравнение для недиагональных элементов матрицы плотности (3) $\delta\rho_{ik}^s$ описывает спонтанный перенос МК подуровней состояния m в состояние n со скоростью A_c .

Процедура решений уравнений (1-3) изложена в [7]. Согласно [7], спектр поглощения пробного поля определяется его работой P_μ соответственно для пара и орто поляризации полей:

$$P_{\parallel} = 4\hbar\omega_\mu |G_+^\mu|^2 \operatorname{Re}\left[\frac{N_{nm}}{\Gamma - i\Omega_\mu} \left(1 - \frac{\kappa\Gamma^2}{\Gamma_s^2 + \Omega^2}\right) (1 - J_{\parallel}(\varepsilon))\right], \quad (4)$$

$$\text{где: } J_{\parallel}(\varepsilon) = \left(|G_+|^2/\Delta_\varepsilon\right)(2\Gamma - i\varepsilon)(\Gamma_m + \Gamma_n - A_{mn} - 2i\varepsilon)[\Gamma - i(\varepsilon - \Omega)]/(\Gamma + i\varepsilon), \quad (5)$$

$$\Delta_\varepsilon = [\Gamma - i(\varepsilon + \Omega)][\Gamma - i(\varepsilon - \Omega)](\Gamma_m - i\varepsilon)(\Gamma_n - i\varepsilon) + 2(\Gamma - i\varepsilon)(\Gamma_m + \Gamma_n - A_{mn} - 2i\varepsilon)|G_+|^2$$

$$P_{\perp} = 4\hbar\omega_\mu |G_{+-}^\mu|^2 \operatorname{Re}\left[\frac{N_{nm}}{\Gamma - i\Omega_\mu} \left(1 - \frac{\kappa\Gamma^2}{\Gamma_s^2 + \Omega^2}\right) (1 - J_{\perp}(\varepsilon))\right], \quad (6)$$

$$\text{где: } J_{\perp} = (|G_+|^2/\Delta_\perp)(2\Gamma - i\varepsilon)(\Gamma_m + \Gamma_n + A_c - 2i\varepsilon)[\Gamma - i(\varepsilon - \Omega)]/(\Gamma + i\varepsilon), \quad (7)$$

$$\Delta_\perp = [\Gamma - i(\varepsilon + \Omega)][\Gamma - i(\varepsilon - \Omega)](\Gamma_m - i\varepsilon)(\Gamma_n - i\varepsilon) + 2(\Gamma - i\varepsilon)(\Gamma_m + \Gamma_n + A_c - 2i\varepsilon)|G_+|^2.$$

Численное моделирование формы нелинейного резонанса в насыщающем поле произвольной интенсивности. Особенности поведения формы резонанса поглощения и формирующих резонанс процессов в зависимости от интенсивности насыщающего поля и параметров атомного перехода исследовались численно согласно формулам (4–7) точного решения задачи в случае однонаправленных волн. При моделировании определялись вклады в резонанс некогерентного эффекта насыщения населенностей уровней и когерентных процессов, таких как биение населенностей уровней (при пара поляризациях), либо эффекта МК уровней, индуцированной оптическими полями, и её переноса с верхних уровней на нижние (при орто поляризациях), а также эффекта расщепления уровней перехода полем насыщающей волны.

Расчеты проводились при следующих значениях параметров атомного перехода: $\Gamma_m = 5.5 \cdot 10^7 \text{ c}^{-1}$, $\Gamma_n = (10^{-2} \div 1) \Gamma_m$, $\Gamma_{mn} = (\Gamma_m + \Gamma_n)/2$, отношении начальных заселенностей уровней $N_m/N_n \sim 10^{-2}$ и доплеровской ширины линии $\kappa v_T = 5 \cdot 10^9 \text{ c}^{-1}$. При интегрировании диапазон изменения скоростей частиц составил $\pm 3\kappa v_T$ с шагом $\Delta\kappa v_T = (10^{-3} \div 10^{-4})\kappa v_T$, значение параметра насыщения сильного поля κ менялось в пределах $\kappa = 0.01 \div 50$, а значение параметра

ветвления $a_0 = A_{mn} / \Gamma_m$ – в диапазоне $a_0 = 0 \div 1$.

Расчеты показали, что аналитические решения [7] не отличаются от точного решения при параметрах насыщения $\kappa < 0.1$, а при значениях $\kappa \geq 0.2$ различия решений становятся значительными и пользоваться аналитическими решениями нельзя. Расчеты выявили также существенные различия спектров резонансов и формирующих резонансы процессов для открытых (параметр $a_0 < 1$) и закрытых ($a_0 = 1$) атомных переходов.

Характерные формы резонансов, а также вклада эффекта насыщения населенностей уровней показаны для открытого (рис.2, $a_0 = 0.5$) и закрытого (рисунок 3) переходов и разных поляризациях полей в диапазоне значений параметра насыщения $\kappa = 0.01 \div 10$. На открытых переходах (рисунок 2) при обоих типах поляризации резонанс проявляется на доплеровском контуре линии поглощения в виде широкого провала и узкой структуры (провала) вблизи центра линии. Причем, широкий провал обусловлен эффектом насыщения населенностей уровней сильным полем, а когерентные процессы образуют в центре линии узкий провал и подкладку малой амплитуды. При параметрах насыщения $\kappa \leq 0.1$ (кривые 1) узкая структура обусловлена когерентными биениями населенностей (пара поляризации), либо МК уровней нижнего состояния (орто поляризации), а ширины структур определяются шириной нижнего уровня. При этом амплитуда структуры при орто поляризациях \sim в два раза больше амплитуды структуры при пара поляризациях полей.

На закрытом переходе форма резонанса (рисунок 3) качественно иная и зависит от направления поляризации световых полей. Здесь некогерентный процесс, как и на открытых переходах, формирует в форме линии широкий провал с шириной 2Γ (рисунок 3, пунктирные кривые), а когерентные процессы – сложный контур (рисунок 4), содержащий вблизи центра линии узкий провал при орто поляризациях (штрих-пунктиры), либо пик при пара поляризациях (непрерывные линии). Причем, при параметрах насыщения $\kappa < 0.1$ (кривые 1, 2) доля эффекта насыщения населенностей в форме резонанса мала, и резонанс формируется когерентными процессами. При пара поляризациях полей – это биения населенностей уровней, формирующие узкий пик, а при орто поляризациях – это МК уровней, формирующие узкий провал.

Формы вклада в резонанс эффекта переноса МК уровней верхнего состояния на нижнее показаны на рисунок 5 для закрытого перехода. Видно, что перенос МК приводит к увеличению поглощения в центре линии, и его максимальный вклад достигает $\sim 30\%$ от амплитуды резонанса при $\kappa \sim 0.1$. На открытом переходе с $a_0 = 0.5$ этот вклад менее 10% от амплитуды узкой структуры. При этом формы переноса МК содержат специфичные для когерентных процессов знакопеременные интерференционные структуры (кривая 1) [3].

Рост интенсивности сильной волны (в диапазоне значений $\kappa = 0.01 \div 10$) на любых типах переходов ведет к увеличению амплитуды и ширины населенностной части резонанса, как в системе 2-х уровней [3], к увеличению ширин и амплитуд узких когерентных структур, а также к уменьшению их контраста по отношению к некогерентному провалу. Причем уширение спектров описывается линейными законами. Кроме того, на закрытом переходе наблюдаются структуры в крыльях спектров полного резонанса (рисунки 3, 4) и переноса МК (рисунок 5), которые обусловлены расщеплением уровней перехода сильным полем. Как показали расчеты, структуры в спектре переноса определяются расщеплением нижних уровней, а в спектре полного резонанса – расщеплением уровней обоих состояний.

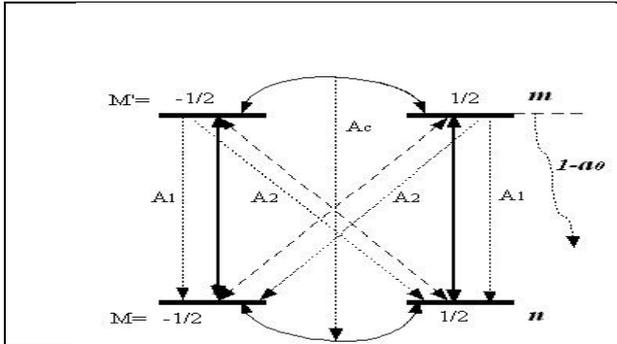


Рис.1. Схема кинетических процессов на переходе с $J=1/2$. Сплошные и штриховые стрелки - переходы под действием сильного и слабого поля; пунктирные линии – спонтанные переходы (скорости - A_1 , A_2 и A_c); дуговые стрелки - магнитные когерентности.

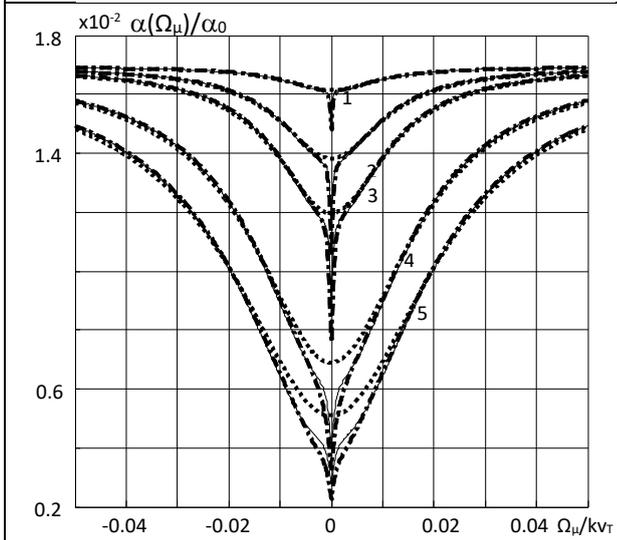


Рис.2. Форма населенностного (пунктир) и полного резонанса: $a_0 = 0.5$; $\Gamma_n/\Gamma_m = 0.02$, $\kappa = 0.1$ (1), 0.5 (2), 1.0 (3), 5.0 (4), 10 (5); линии – пара поляризации, штрих-пунктир – орто поляризации полей.

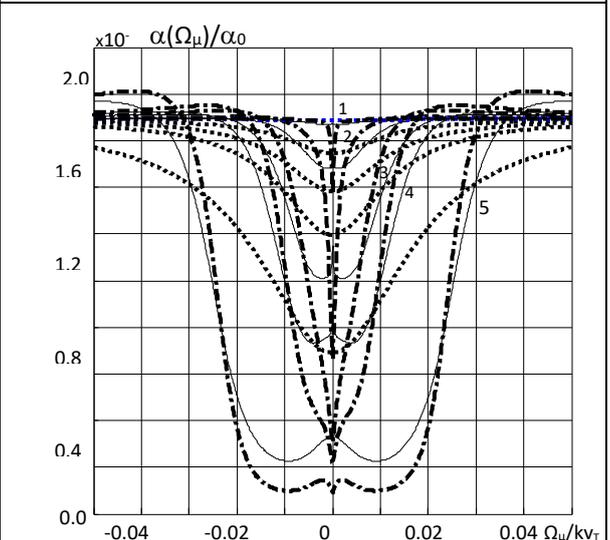


Рис.3. Форма населенностного (пунктир) и полного резонанса: $a_0 = 1$, $\Gamma_n/\Gamma_m = 0.02$, $\kappa = 0.01$ (1), 0.1 (2), 0.5 (3), 1.0 (4), 5 (5); линии – пара поляризации, штрих-пунктир – орто поляризации полей.

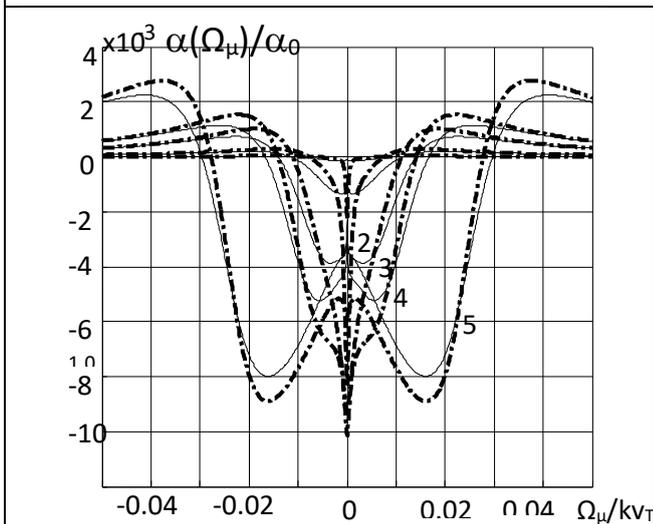


Рис.4. Когерентная часть резонанса: $a_0=1$, $\Gamma_n/\Gamma_m = 0.02$, $\kappa = 0.01$ (1), 0.1 (2), 0.5 (3), 1.0 (4), 5.0 (5); сплошные линии – пара поляризации, штрих-пунктир – орто поляризации полей.

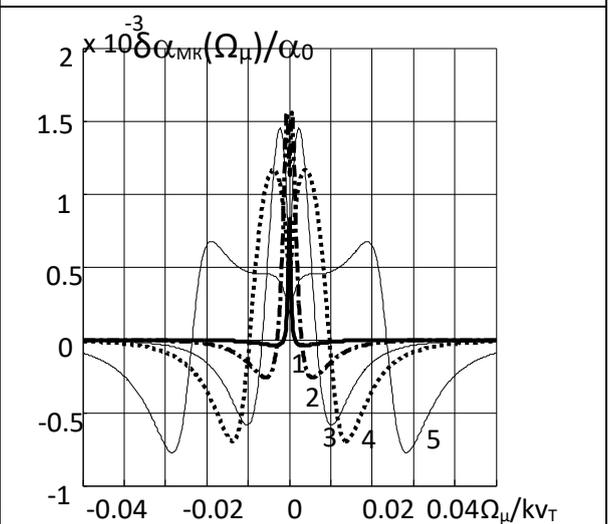


Рис.5. Перенос МК резонанса при орто поляризациях полей: $a_0 = 1$; $\Omega = 0$; $\Gamma_n/\Gamma_m = 0.02$; $\kappa = 0.01$ (1), 0.1 (2), 0.5 (3), 1.0 (4), 5.0 (5).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров Е.Б. УФН, 107, 595 (1972).
2. Alzetta G., Gozzini A., Moi L., et al. Nuovo Cim., 36B, 5 (1976).

REFERENCES

1. Alexandrov E.B. UFN, 107, 595 (1972).
2. Alzetta G., Gozzini A., Moi L., et al. Nuovo Cim., 36B, 5 (1976).

- | | |
|---|--|
| <p>3. Раутиан С.Г., Смирнов Г.И., Шалагин А.М. Нелинейные резонансы в спектрах атомов и молекул (Новосибирск: Наука, 1979).</p> <p>4. Akulshin F.M., Barreiro S., Lesama A. Phys. Rev. A, 57, 2996 (1998).</p> <p>5. Сапрыкин Э.Г., Черненко А.А., Шалагин А.М. ЖЭТФ, 146, 229 (2014); ЖЭТФ, 150, 238 (2016).</p> <p>6. Сапрыкин Э.Г., Черненко А.А. ЖЭТФ, 154, 235 (2018); Квантовая электроника, 49, № 5, 479, (2019).</p> <p>7. Сапрыкин Э.Г., Черненко А.А. Сиб. Научн. вестник, XXV, 41, (2021).</p> | <p>3. Rautian S.G., Smirnov G.I., Shalagin A.M. Nonlinear resonances in the spectra of atoms and molecules (Novosibirsk: Nauka, 1979).</p> <p>4. Akulshin F.M., Barreiro S., Lesama A. Phys. Rev. A, 57, 2996 (1998).</p> <p>5. Saprykin E.G., Chernenko A.A., Shalagin A.M. ZhETF, 146, 229 (2014); ZhETF, 150, 238 (2016).</p> <p>6. Saprykin E.G., Chernenko A.A. ZhETF, 154, 235 (2018); Quantum electronics, 49, № 5, 479, (2019).</p> <p>7. Saprykin E.G., Chernenko A.A. Sib. Scientific. bulletin, XX, 41, (2021).</p> |
|---|--|

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: резонанс насыщенного поглощения, однонаправленные волны, закрытые и открытые переходы, поляризация полей, магнитная когерентность уровней.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: Сапрыкин Эдуард Геннадиевич, кандидат физ.-мат. наук, в.н.с., ИАиЭ СО РАН
Черненко Александр Алексеевич, кандидат физ.-мат. наук, с.н.с., ИФП СО РАН
Никитенко Анатолий Георгиевич, кандидат физ.-мат. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 630090, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 1, ИАиЭ СО РАН
630099, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 13, ИФП СО РАН
630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И РАСЧЕТ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ПРИ НАНЕСЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водногортранспорта»

О.Ю. Лебедев, М.Г. Мензилова, О.В. Рослякова

SAFETY PRECAUTIONS AND CALCULATION OF SUPPLY AND EXHAUST VENTILATION WHEN APPLYING VARIOUS PAINT COATINGS

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

O.Y. Lebedev (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

M.G. Menzilova (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

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

ABSTRACT: The article deals with safety issues when applying paint and varnish coatings and the calculation of the necessary supply and exhaust ventilation. The results of tests and calculations for applying various paint coatings to experimental samples are presented.

Keywords: *Paint coatings, safety precautions when applying paint coatings, maximum permissible concentrations of solvent vapors, hazard class of solvent components, supply and exhaust ventilation.*

В статье рассматриваются вопросы техники безопасности при нанесении лакокрасочных покрытий и расчет необходимой приточно-вытяжной вентиляции. Представлены результаты испытаний и расчеты при нанесении различных лакокрасочных покрытий на экспериментальные образцы.

Самый применяемый и надежный метод защиты наружной обшивки судна от коррозии и обрастания – это лакокрасочные покрытия. Этот способ имеет ряд преимуществ. Можно окрасить детали любых размеров. Когда покрытие разрушается, хоть частично, хоть полностью, то его можно без труда восстановить либо частичным окрашиванием, либо полным перекрашиванием. Данный способ защиты корпуса судна более экономичен и может быть совмещен с другими способами защиты от коррозии и биообрастаний [1, 2]. Поэтому на сегодняшний день это самый применяемый метод защиты деревянных и металлических поверхностей деталей судна. Но применение данного способа защиты корпуса судна не безопасно для человека.

Безопасность при покрасочных работах полностью гарантируется при правильном выборе метода покраски, состава материалов, правильной организации рабочего процесса и рабочего места.

При покраске на открытом воздухе условия работы относительно благоприятны. Естественный воздухообмен исключает возможность высокой концентрации паров растворителя. При окраске судов, особенно их подводных частей, в сухих доках необходимо учитывать возможность высоких локальных концентраций паров растворителей.

Особенно тяжело работать в междудонном пространстве, резервуарах и небольших помещениях. Небольшая высота второго дна, большое количество стрингеров или перекрытий сильно затрудняют покраску. Приточно-вытяжная вентиляция снижает концентрацию токсичных растворителей, но этого недостаточно. Также необходимо использовать средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения.

Для создания благоприятных условий труда при покраске судов необходимо использовать общеобменную вентиляцию. Легколетучие растворители очень интенсивно испаряются при комнатной температуре, извлекают тепло из воздуха и при охлаждении накапливаются в нижней зоне помещения, поэтому вытяжку при окрасочных работах необходимо осуществлять из нижней зоны, а подачу воздуха в верхнюю область [3].

Авторами данной статьи проведены различные экспериментальные исследования лакокрасочных покрытий. Схемы окраски представлены в таблице 1. Лакокрасочные покрытия наносились как на деревянные, так и на металлические образцы (нанесенные по технологии окрасочных работ заявленные производителями) (рисунок 1).

Таблица 1 – Схемы окраски

Номер схемы	Лакокрасочный материал	Количество слоев	Материал подложки
1	грунтовка ГФ-021	1	дерево сталь
2	грунтовка ГФ-021	1	дерево сталь
	эмаль НЦ-132	2	
3	грунтовка ГФ-021	1	дерево сталь
	эмаль ПФ-115	2	
4	сурик железный	2	дерево сталь
5	грунт-эмаль по ржавчине	2	сталь
6	краска «Йотун»	2	сталь
7	грунтовка Вл-02	1	сталь
8	грунтовка Вл-02	1	сталь
	эмаль ХС-436	3	

Для того, чтобы предотвратить в воздухе лаборатории концентраций растворителей выше предельно-допустимых, а также взрывоопасных концентраций, необходимо обеспечить эффективную вентиляцию. Воздухообмен в помещении рассчитывается исходя из условия разбавления вредных выделений паров растворителей до предельно-допустимых в соответствии с санитарными нормами:

$$L=1000 \cdot G / \text{ПДК}, \text{ м}^3 / \text{ч}$$

где: G – количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения, г/ч;
ПДК – предельно допустимая концентрация вредных веществ, мг/м³.

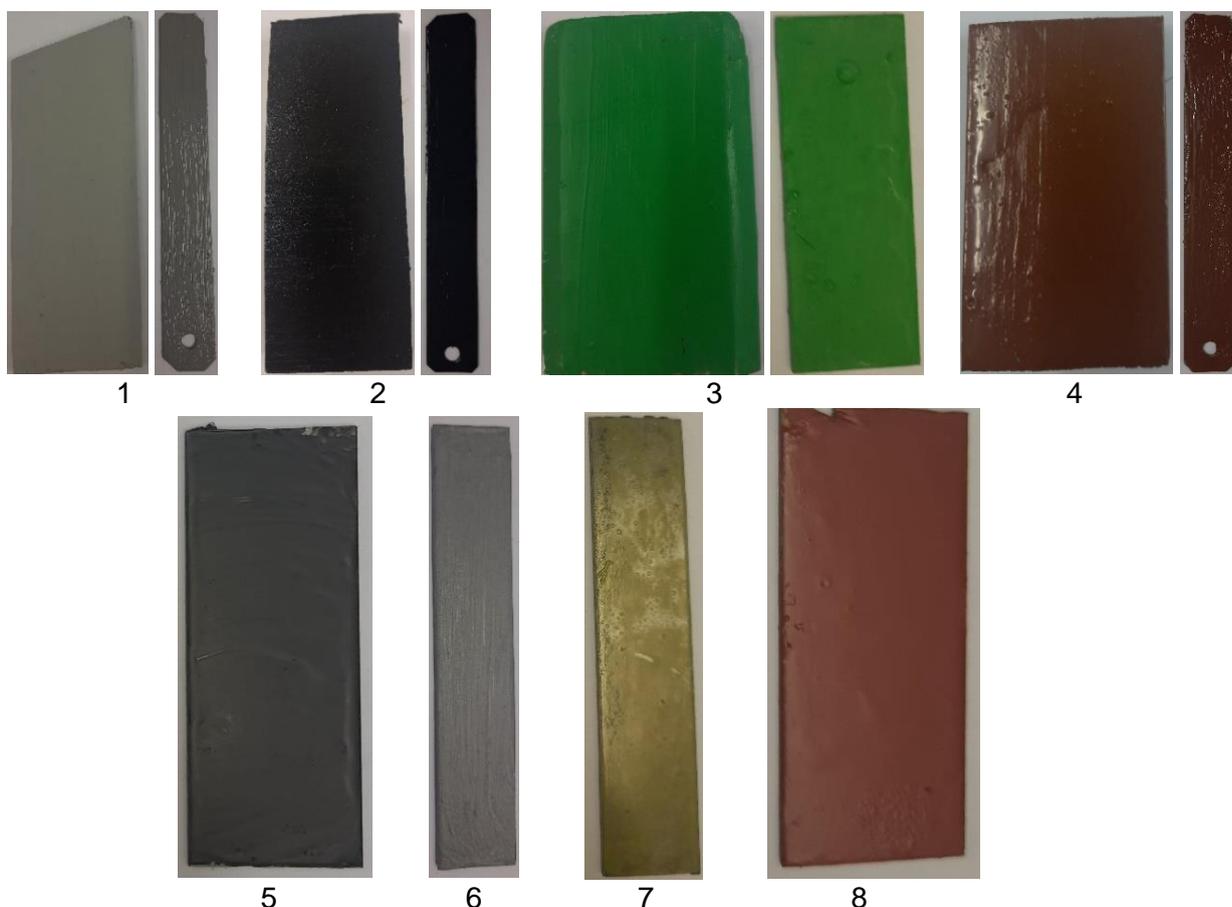


Рисунок 1 – Образцы, подготовленные для эксперимента

Количество вредных веществ, выделяющихся в воздухе помещений:

$$G = a \cdot A \cdot m \cdot n / 100, \text{ г/ч}$$

где: a – средняя производительность одного человека при ручной покраске кистью $a = 12 \text{ м}^2/\text{ч}$;

A – расход лакокрасочных материалов, $\text{г}/\text{м}^2$;

m – процент летучих растворителей, содержащихся в лакокрасочных материалах, %;

n – число людей одновременно занятых покраской [4].

В таблице 2 представлены результаты расчета необходимого воздухообмена и класс опасности растворителей для всех лакокрасочных материалов, представленных на рисунке 1.

Таблица 2 – Расчет необходимого воздухообмена

Схема окраски	Растворитель	A, г/м ²	m, %	n	ПДК, мг/м ³	G, г/ч	L, м ³ /ч	Класс опасности
1	уайт-спирит	90	10	10	300	10,8	36	4
2	уайт-спирит	90	10	10	300	10,8	36	4
	646	120	20	10	50	28,8	144	3
3	уайт-спирит	90	10	10	300	10,8	36	4
	уайт-спирит	135	12	10	300	19,44	64,8	4
4	скипидар	150	20	10	300	36	120	4
5	уайт-спирит	80	50	10	300	48	160	4
6	Jotun Thinner NO. 10	120	17	10	50	24,48	163,2	3
7	P-648	120	15	10	300	21,6	72	4
8	P-648	120	15	10	300	21,6	72	4
	ацетон	280	10	10	200	33,6	168	4

В воздух помещения одновременно выделяются несколько вредных веществ, поэтому выбирается наибольшее значение требуемого воздухообмена. В нашем случае это $168 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Для проверки соответствия требованиям устройства вентиляции необходимо определить кратность воздухообмена:

$$n = L / V_n,$$

где: L – требуемый воздухообмен, $\text{м}^3/\text{ч}$;

V_n – внутренний объем помещения, м^3 .

Если кратность воздухообмена не превышает десяти ($n < 10$), то воздухообмен соответствует установленным требованиям.

Внутренний объем помещения для окрасочных работ составляет 45 м^3 . Кратность воздухообмена составляет $n = 3,73$, что меньше 10, следовательно, требования по необходимому воздухообмену выполняется.

Класс опасности при нанесении лакокрасочных покрытий – 3, поэтому необходимо использовать средства индивидуальной защиты – спецодежду и предметы личной гигиены.

Руки защитить перчатками, открытые участки лица покрыть защитным кремом, образующим сплошную пленку, не разрушаемую органическими растворителями. При чистке и покраске защитить глаза (очки) и органы дыхания (респиратор).

Так как почти все краски и лаки легко воспламеняются и наиболее горючими являются растворители, разбавители и разжижители, то при окрасочных работах необходимо соблюдать меры безопасности. Необходимо строго соблюдать рекомендуемый порядок и пропорции смешивания компонентов лакокрасочных покрытий.

Запрещается курить и разводить огонь в помещении, где используются лакокрасочные покрытия.

Участки приготовления лакокрасочных материалов и работы с ними обеспечиваются противопожарным инвентарем.

Не допускается нагрев лакокрасочных материалов открытым огнем, так как это может привести к пожару.

Тряпки и ветошь, пропитанные лаками, красками и растворителями, немедленно уничтожаются, так как при хранении они могут окисляться кислородом воздуха и самовозгораться.

Выводы:

1. При проведении окрасочных работ необходимо правильно выбрать метод очистки и окраски поверхности, рассчитать необходимый объем приточно-вытяжной вентиляции. Для помещения в 45 м³ и при использовании лакокрасочных материалах указанных выше достаточно 168 м³/ч.

2. Класс опасности лакокрасочных материалов – 3, поэтому обязательно необходимы средства индивидуальной защиты в виде спецодежды, перчаток, очков и респираторов.

3. Так как лакокрасочные материалы взрывоопасны, то требуется соблюдать меры противопожарной безопасности. Необходимо наличие противопожарного инвентаря.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лебедев, О.Ю., Мензилова, М.Г. Способы защиты корпуса судна от коррозии и биообрастаний / Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. Научный журнал. Новосибирск. - 2021. № 2. с. 12 – 18.
2. Лебедев, О.Ю., Мензилова, М.Г. Экспериментальные исследования лакокрасочных покрытий речных судов / Речной транспорт (XXI век). - 2021. № 2. с. 55 – 58.
3. Analysis of the use of paint coatings to protect the hull from corrosion
4. Lebedev, O., Menzilova, M., Burmistrov, E. Journal of Physics: Conference Series this link is disabled, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/2131/4/042048
5. Методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при нанесении лакокрасочных материалов (на основе удельных показателей) – СПб.: НИИ «Атмосфера», 2018. – 36 с.

REFERENCES

1. Lebedev, O.Y., Manilova, M.G. Methods of protecting the hull from corrosion and biofouling / Scientific problems of transport in Siberia and the Far East. Scientific journal. Novosibirsk. - 2021. No. 2. pp. 12-18.
2. Lebedev, O.Y., Menzilova, M.G. Experimental studies of paint coatings of river vessels / River transport (XXI century). - 2021. No. 2. pp. 55-58.
3. Analysis of the use of paint coatings to protect the hull from corrosion
4. Lebedev, O., Menzilova, M., Burmistrov, E. Journal of Physics: Conference Series this link is disabled, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/2131/4/042048
5. Methodology for calculating emissions of pollutants into the atmosphere when applying paint and varnish materials (based on specific indicators) - St. Petersburg: Research Institute "Atmosfera", 2018. - 36 p.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Лакокрасочные покрытия, техника безопасности при нанесении лакокрасочных покрытий, предельно-допустимые концентрации паров растворителя, класс опасности компонентов растворителей, приточно-вытяжная вентиляция.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Лебедев Олег Юрьевич, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Мензилова Марина Геннадьевна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Рослякова Оксана Вячеславовна, канд. техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭВАКУАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ УГРОЗЕ И ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водногосударственного транспорта»

П.М. Гущенко

LEGAL ASPECTS OF EVACUATION MEASURE IN CASE OF THREAT AND OCCURRENCE OF EMERGENCY SITUATIONS

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

P.M. Gushchenok (Senior Lecturer of SSUWT)

ABSTRACT: The article covers in detail the legal aspects of evacuation (evacuation measures) in the light of regulatory legal acts in the field of protection of the population from emergency situations adopted in 2020-2022. The article may be useful to students studying in the areas of Technosphere safety, Fire safety, as well as specialists of the State Emergency Service.

Keywords: Protection from emergency situation; evacuation; evacuation measure; dispersal; safe area; emergency management bodies

Статья подробно освещает правовые аспекты проведения эвакуации (эвакуационных мероприятий) в свете нормативных правовых актов в области защиты населения от чрезвычайных ситуаций, принятых в 2020-2022 годах. Статья может быть полезна студентам, обучающимся по направлениям Техносферная безопасность, Пожарная безопасность, а также специалистам ГОЧС.

В соответствии с Федеральным законом [1] граждане Российской Федерации, иностранные граждане и лица без гражданства, находящиеся на территории Российской Федерации (далее – население) подлежат защите от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Основными способами защиты населения от чрезвычайных ситуаций являются:

- подготовка населения в области защиты от чрезвычайных ситуаций;
- своевременное оповещение и информирование населения;
- укрытие в защитных сооружениях;
- использование средств индивидуальной защиты, в том числе медицинских.

Помимо перечисленных, одним из ведущих способов защиты населения при чрезвычайных ситуациях является эвакуация. В отдельных ситуациях (например, эвакуация из зон возможного катастрофического затопления, эвакуация из зон возможного длительного радиоактивного загрязнения) этот способ становится единственным способом защиты людей.

Эвакуация (лат. *evacuatio*, от *evacuare*) – опорожнять, удалять.

Правовую основу эвакуации населения в чрезвычайных ситуациях составляет нормативная правовая база в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Эвакуация населения – комплекс мероприятий по организованному вывозу (выводу) населения из зон возможных опасностей и размещению в заблаговременно подготовленных по условиям первоочередного жизнеобеспечения безопасных районах, а также по рассредоточению работников организаций [2].

Под *эвакуационными мероприятиями* понимаются действия по перемещению населения, материальных и культурных ценностей с территории, на которой существует угроза возникновения чрезвычайной ситуации, или из зоны чрезвычайной ситуации в район (место), расположенный за пределами воздействия поражающих факторов источника чрезвычайной ситуации (безопасный район) [3].

Таким образом, сущность эвакуации (эвакуационных мероприятий) заключается в организованном перемещении населения (материальных и культурных ценностей) с территорий, подверженных воздействию поражающих факторов источников чрезвычайных ситуаций. Эвакуацию можно рассматривать как защиту расстоянием.

Рассредоточение – комплекс мероприятий по организованному вывозу (выводу) из зон возможных опасностей и размещению в безопасных районах для проживания и отдыха рабочих смен организаций, продолжающих производственную деятельность в этих зонах, не занятых непосредственно в производственной деятельности [2].

Безопасный район – территория, расположенная вне зон возможных опасностей, зон возможных разрушений и подготовленная для жизнеобеспечения местного и эвакуированного населения, а также для размещения и хранения материальных и культурных ценностей [2].

Зона возможных опасностей – зона возможных сильных разрушений, возможного радиоактивного заражения, химического и биологического загрязнения, возможного катастрофического затопления при разрушении гидротехнических сооружений в пределах 4-часового добегания волны прорыва [2].

Проведение эвакуационных мероприятий осуществляется в целях [3]:

- спасения жизни и сохранения здоровья людей, находящихся на территориях, на которых существует угроза возникновения чрезвычайных ситуаций, или в зонах чрезвычайных ситуаций;

- снижения материальных потерь при чрезвычайных ситуациях;

- сохранения материальных и культурных ценностей при чрезвычайных ситуациях.

В соответствии с Правилами [3] основными принципами проведения эвакуационных мероприятий являются:

- планирование и подготовка маршрутов эвакуации, мест размещения населения, материальных и культурных ценностей в безопасных районах (местах);

- приоритетное использование транспортных средств для проведения эвакуационных мероприятий;

- обеспечение охраны общественного порядка и сохранение имущества населения в зонах чрезвычайных ситуаций при проведении эвакуационных мероприятий и в безопасных районах (местах);

- обеспечение возвращения граждан в места постоянного проживания, а также материальных и культурных ценностей в места постоянного хранения после устранения угрозы возникновения чрезвычайной ситуации или ликвидации чрезвычайной ситуации;

- информирование населения о ходе аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Эвакуации подлежат следующие категории населения [2]:

- работники организаций, попадающих в зоны возможных опасностей;

- неработающие члены семей указанных работников;

- нетрудоспособное и не занятое в производстве население, попадающее в зоны возможных опасностей.

Рассредоточению подлежат следующие категории населения [2]:

- рабочие и служащие уникальных (специализированных) объектов экономики, для продолжения работы которых соответствующие производственные базы в загородной зоне отсутствуют;

- рабочие и служащие организаций, обеспечивающих производство и жизнедеятельность городских энергосетей, объектов коммунального хозяйства, общественного питания, здравоохранения, транспорта и связи, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления.

Федеральным конституционным законом [4] определено, что на территории, на которой вводится чрезвычайное положение, указом Президента Российской Федерации о введении чрезвычайного положения могут быть, наряду с другими, предусмотрены следующие меры и временные ограничения:

- временное отселение жителей в безопасные районы с обязательным предоставлением таким жителям стационарных или временных жилых помещений,

- эвакуация материальных и культурных ценностей в безопасные районы в случае, если существует реальная угроза их уничтожения, похищения или повреждения в связи с чрезвычайными обстоятельствами.

Федеральный закон [1] определяет полномочия органов государственной власти субъектов Российской Федерации, которые "обеспечивают проведение эвакуационных мероприятий при угрозе возникновения или возникновении чрезвычайных ситуаций регионального и межмуниципального характера".

На основании этого же закона:

- органы местного самоуправления самостоятельно "организуют и осуществляют проведение эвакуационных мероприятий при угрозе возникновения или возникновении

чрезвычайных ситуаций" муниципального характера;

– организации обязаны "планировать и осуществлять необходимые меры в области защиты работников организаций и подведомственных объектов производственного и социального назначения от чрезвычайных ситуаций". К необходимым мерам в данном случае относятся и эвакуация персонала организаций. Руководитель организации, на территории которой может возникнуть или возникла чрезвычайная ситуация, "принимает решение о проведении эвакуационных мероприятий";

– граждане Российской Федерации обязаны "эвакуироваться с территории, на которой существует угроза возникновения чрезвычайной ситуации, или из зоны чрезвычайной ситуации при получении информации о проведении эвакуационных мероприятий".

Эвакуационные мероприятия проводятся на основании решений комиссий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности соответствующего уровня единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, и руководителей организаций либо правовых актов, принимаемых исполнительными органами субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления на основании решений соответствующих комиссий о проведении эвакуационных мероприятий, при наличии угрозы жизни и здоровью людей, возникновения материальных потерь при чрезвычайной ситуации [3].

В случаях, требующих незамедлительного решения, эвакуационные мероприятия при угрозе возникновения или возникновении чрезвычайных могут проводиться по решению должностных лиц, определенных соответствующими комиссиями (руководителями организаций), с последующим принятием решения на заседании соответствующей комиссии (руководителем организации) [3].

Таким образом, эвакуация населения является сложной задачей. Успешность ее проведения определяется заблаговременной подготовкой эвакуационных органов, систем оповещения и связи, детальным планированием с учетом местных условий и особенностей, тщательной проработкой всех мероприятий по обеспечению эвакуации. Задачи проведения эвакуации возложены на соответствующие федеральные органы исполнительной власти, органы государственной власти субъектов Российской Федерации, органы местного самоуправления и организации, в компетенцию которых входит решение вопросов защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ (в редакции от 14.07.2022) "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера"
2. ГОСТ Р 22.3.17-2020 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Планирование мероприятий по эвакуации и рассредоточению населения при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций. Основные положения
3. Постановление Правительства РФ от 19.09.2022 № 1654 "Об утверждении Правил проведения эвакуационных мероприятий при угрозе возникновения или возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера"
4. Федеральный конституционный закон от 30.05.2001 № 3-ФКЗ (в редакции от 03.07.2016) "О чрезвычайном положении"

REFERENCES

1. Federal Law N. 68-FZ of 21.12.1994 (as amended on 14.07.2022) "On the protection of the Population and territories from natural and man-made emergencies"
2. GOST R 22.3.17-2020 Safety in emergency situations. Planning of measures for evacuation and dispersal of the population in case of threat and occurrence of emergency situations. Basic provisions
3. Decree of the Government of the Russian Federation N 1654 dated 09/19/2022 "On Approval of the Rules for Carrying out Evacuation Measures in the Event of a Threat or Occurrence of Natural and man-made Emergencies"
4. Federal Constitutional Law N 3-FKZ dated 30.05.2001 (as amended on 03.07.2016) "On the State of emergency"

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Защита от чрезвычайных ситуаций, эвакуация, эвакуационные мероприятия, рассредоточение, безопасный район, органы управления РСЧС

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Гущенок Павел Маратович, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

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

РЕАЛИЗАЦИЯ РЕШЕНИЙ НЕКОТОРОГО КЛАССА ИРРАЦИОНАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водногортранспорта»

О.Г. Куделин, О.И. Линевиц

IMPLEMENTATION OF SOLUTIONS TO A CLASS OF IRRATIONAL EQUATIONS

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

O.G. Kudelin (Ph.D. of Technical Sciences of SSUWT)

O.I. Linevich (Ph.D. of Technical Sciences of SSUWT)

ABSTRACT: By means of vector algebra, a number of problems related to the determination of the extremum of a function of many variables are solved for a class of functions that are the sum of expressions with radicals. In this case, the radicals in the sum under consideration are amplified by various rational coefficients.

Keywords: Vector algebra, sum of expressions containing radicals, rational coefficients, scalar product of vectors, vector collinearity, range of admissible values of variables.

Средствами векторной алгебры решается ряд задач, связанных с определением экстремума функции многих переменных, для класса функций, являющихся суммой выражений с радикалами. При этом радикалы в рассматриваемой сумме усиливаются различными рациональными коэффициентами.

Предлагаемая статья является продолжением статьи [1], в которой средствами векторной алгебры, решался ряд задач, связанных с определением экстремума функции многих переменных, для класса функций, являющихся суммой выражений с радикалами. При этом радикалы в рассматриваемой сумме могли усиливаться различными рациональными коэффициентами.

В данной публикации предлагается методика определения решений иррациональных уравнений с привлечением методов векторной алгебры.

Пример 1.

Решить уравнение

$$|x|\sqrt{12+x} + 2\sqrt{8-x} = \sqrt{20}\sqrt{x^2+4} \quad (1)$$

Область допустимых значений (далее – ОДЗ): $\begin{cases} x \geq -12 \\ x \leq 8 \end{cases} \Rightarrow x \in [-12, 8]$

Заметим, что уравнение (1), с учётом, входящего в него $|x|$, может быть разбито на систему двух уравнений:

$$A: \begin{cases} x\sqrt{12+x} + 2\sqrt{8-x} = \sqrt{20}\sqrt{x^2+4}; \\ x \geq 0; \end{cases} \Leftrightarrow \quad (2)$$

$$\text{ОДЗ: } \begin{cases} x \geq -12 \\ x \leq 8 \end{cases} \Rightarrow x \in [-12, 8]$$

$$\Leftrightarrow A: \begin{cases} x\sqrt{12+x} + 2\sqrt{8-x} = \sqrt{20}\sqrt{x^2+4}; \\ x \in [0, 8] \end{cases}$$

$$B: \begin{cases} -x\sqrt{12+x} + 2\sqrt{8-x} = \sqrt{20}\sqrt{x^2+4}; \\ x < 0; \end{cases} \Leftrightarrow \quad (3)$$

$$\text{О.Д.З.: } \begin{cases} x \geq -12 \\ x \leq 8 \end{cases} \Rightarrow x \in [-12, 0)$$

$$\Leftrightarrow B: \begin{cases} -x\sqrt{12+x} + 2\sqrt{8-x} = \sqrt{20}\sqrt{x^2+4}; \\ x \in [-12, 0) \end{cases}$$

Решение уравнений (2), (3) после двойной операции возведения в квадрат приведет их к уравнениям шестой степени, решение которых является задачей чрезвычайно сложной.

Продemonстрируем поиск нахождения решений уравнений (А, В), используя свойства скалярного произведения векторов.

Для первого уравнения А введем в рассмотрение два вектора:

$$\vec{a} = \{\sqrt{12+x}, \sqrt{8-x}\},$$

$$\vec{b} = \{x, 2\}$$

Скалярное произведение этих векторов равно левой части уравнения (1):

$$(\vec{a} \cdot \vec{b}) = x\sqrt{12+x} + 2\sqrt{8-x}$$

Заметим, что $|\vec{a}| = \sqrt{20}$, $|\vec{b}| = \sqrt{x^2+4}$. Правая часть уравнения (1) равна произведению длин рассматриваемых векторов.

Имеем: $(\vec{a} \cdot \vec{b}) = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}|$, это возможно только в том случае, когда векторы коллинеарны.

Применим условие коллинеарности векторов:

$$\vec{a} \parallel \vec{b} \Leftrightarrow \frac{\sqrt{12+x}}{x} = \frac{\sqrt{8-x}}{2} \Leftrightarrow x^3 - 8x^2 + 4x + 48 = 0 \Leftrightarrow \begin{cases} x_1 = -2; \\ x_2 = 4; \\ x_3 = 6. \end{cases}$$

Согласно ограничениям в (2) определяем, что решениями являются два значения $x_2 = 4, x_3 = 6$.

Подстановкой полученных решений в уравнение (1) убеждаемся, что решения найдены верно.

Для второго уравнения В введем в рассмотрение два вектора:

$$\vec{c} = \{\sqrt{12+x}, \sqrt{8-x}\},$$

$$\vec{d} = \{-x, 2\}$$

Скалярное произведение которых равно левой части уравнения (1):

$$(\vec{c} \cdot \vec{d}) = -x\sqrt{12+x} + 2\sqrt{8-x}$$

$$|\vec{c}| = \sqrt{20}, |\vec{d}| = \sqrt{x^2+4}.$$

Правая часть уравнения (1) равна произведению длин этих векторов.

$$|\vec{c}| \cdot |\vec{d}| = \sqrt{20} \cdot \sqrt{x^2+4}$$

Имеем: $(\vec{c} \cdot \vec{d}) = |\vec{c}| \cdot |\vec{d}|$, это возможно только в том случае, когда векторы коллинеарны.

Применим условие коллинеарности векторов:

$$\vec{c} \parallel \vec{d} \Leftrightarrow \frac{\sqrt{12+x}}{-x} = \frac{\sqrt{8-x}}{2} = x^3 - 8x^2 + 4x + 48 = 0 \Leftrightarrow \begin{cases} x_1 = -2; \\ x_2 = 4; \\ x_3 = 6. \end{cases}$$

Согласно ограничениям в (3) определяем, что решением является одно значение $x_1 = -2$.

Подстановкой полученного решения в уравнение (1) убеждаемся, что решения найдены верно.

Таким образом, объединяя решения полученных систем (А, В), находим решение уравнения (1)

Ответ: $x = -2, 4, 6$

Пример 2.

Решить уравнение

$$\sqrt{(x+4)(4x^2+9)} = 2x\sqrt{x} + 6 \quad (4)$$

Решение уравнения (4) после двойной операции возведения в квадрат приведет их к уравнению шестой степени, решение которого является задачей чрезвычайно сложной.

Аналогично примеру 1, введём в рассмотрение векторы

$$\begin{aligned} \bar{a} &= \{\sqrt{x}, 2\}, \\ \bar{b} &= \{2x, 3\} \end{aligned}$$

найдем их длины

$$|\bar{a}| = x + 4, |\bar{b}| = 4x^2 + 9,$$

Тогда скалярное произведение этих векторов:

$$(\bar{a} \cdot \bar{b}) = \sqrt{(x+4)(4x^2+9)},$$

должно быть равно выражению правой части уравнения (4), т.е.

$$(\bar{a} \cdot \bar{b}) = 2x\sqrt{x} + 6.$$

Это возможно только, если векторы \bar{a}, \bar{b} коллинеарные. Следовательно,

$$\bar{a} \parallel \bar{b} \Leftrightarrow \frac{\sqrt{x}}{2x} = \frac{2}{3} \Leftrightarrow x = \frac{9}{16}$$

Учитывая, что

$$\begin{aligned} \sqrt{(x+4)(4x^2+9)} &= 2x\sqrt{x} + 6 \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow \sqrt{4x^3 + 16x^2 + 9x + 36} &= 2x\sqrt{x} + 6 \end{aligned}$$

возведём обе части полученного уравнения в квадрат:

$$4x^3 + 16x^2 + 9x = 4x^{\frac{5}{2}} + 24x^{\frac{3}{2}} \quad (5)$$

Легко определить, что корнями уравнения (5) являются два значения

$$x = 0, \frac{9}{16}$$

Ответ: $x = 0, \frac{9}{16}$

Пример 3.

Решить уравнение

$$\sqrt{x-6} + \sqrt{8-x} = x^2 - 14x + 47 \quad (6)$$

Сделаем оценку левой и правой частей уравнения (6):

Правая часть имеет вид:

$$x^2 + 14x + 47 = x^2 - 14x + 49 - 2 = (x-7)^2 - 2 \geq 0 \quad (7)$$

Левая часть:

$$\sqrt{x-6} + \sqrt{8-x} \quad (8)$$

Введём в рассмотрение векторы:

$$\begin{aligned} \bar{a} &= \{\sqrt{x-6}, \sqrt{8-x}\}, \\ \bar{b} &= \{1, 1\} \end{aligned}$$

Тогда, согласно оценке модуля скалярного произведения этих векторов, будем иметь

$$\begin{aligned} |(\bar{a} \cdot \bar{b})| &\leq |\bar{a}| |\bar{b}| \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow |(\sqrt{x-6} \cdot 1 + \sqrt{8-x} \cdot 1)| &\leq ((\sqrt{x-6})^2 + (\sqrt{8-x})^2) \sqrt{1^2 + 1^2} = \\ &= \sqrt{2} \sqrt{2} = 2 \Leftrightarrow \sqrt{x-6} + \sqrt{8-x} \leq 2 \end{aligned} \quad (9)$$

Из условий (7), (9) следует, что уравнение (6) равносильно системе уравнений

$$\begin{cases} (x-7)^2 \geq 2 \\ \sqrt{x-6} + \sqrt{8-x} \leq 2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} (x-7)^2 = 2 \\ \sqrt{x-6} + \sqrt{8-x} = 2 \end{cases} \quad (10)$$

Легко определить, что решением системы (10) является корень $x = 7$

Ответ: $x = 7$

Пример 4.

Найти наибольшее и наименьшее значение функции:

$$y(x) = \sqrt{x+28} + \sqrt{22-x} \quad (11)$$

Областью определения функции является отрезок

$$\text{ОДЗ: } x \in [-28, 22] \quad (12)$$

Введем в рассмотрение векторы

$$\bar{u} = \{\sqrt{x+28}, \sqrt{22-x}\}, \bar{w} = \{1, 1\}$$

Согласно формально введенным векторам, получаем их скалярное произведение в виде:

$$\bar{u} \cdot \bar{w} = \sqrt{x+28} \cdot (1) + \sqrt{22-x} \cdot (1) = \sqrt{x+28} + \sqrt{22-x} \leq \|\bar{u}\| \|\bar{w}\|$$

$$\sqrt{x+28} + \sqrt{22-x} \sqrt{1+1} = \sqrt{50} \sqrt{2} = 10$$

Полученное выражение достигает своего максимума при условии равенства в последнем выражении, поэтому

$$\max(y(x)) = 10,$$

что возможно тогда и только тогда, когда векторы коллинеарны: $\bar{u} \parallel \bar{w}$

Отсюда следует:

$$\bar{u} \parallel \bar{w} \Leftrightarrow \frac{\sqrt{x+28}}{1} = \frac{\sqrt{22-x}}{1} \Leftrightarrow x = -3,$$

Тогда

$$\max(y(-3)) = 10$$

Так как функция (11) является выпуклой

$$y''(x) = -\frac{1}{4} \left(\frac{1}{(22-x)^{\frac{3}{2}}} + \frac{1}{(x-28)^{\frac{3}{2}}} \right) < 0, \forall x \in (\text{ОДЗ})$$

и имеет единственный максимум в области определения, то минимальное значение (11) возможно только на границах ограничения (12).

Проверяем:

$$\begin{aligned} y(22) &= \sqrt{50} = 5\sqrt{2}; \\ y(-28) &= \sqrt{50} = 5\sqrt{2} \end{aligned} \quad (13)$$

Отсюда следует, что функция (11) принимает минимальные значения в двух точках, то есть

$$\min(y(x)) = y(22) = y(-28) = 5\sqrt{2}$$

$$\text{Ответ: } \max(y(x)) = y(-3) = 10; \min(y(x)) = y(22) = y(-28) = 5\sqrt{2}$$

Примеры, приведённые выше демонстрируют один из методов, который позволяет решать достаточно сложные иррациональные алгебраические уравнения средствами векторной алгебры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куделин О.Г., Фомин В.И. Нестандартное решение некоторых алгебраических задач с использованием аналитической геометрии. — Научные проблемы Сибири и Дальнего Востока. — 2015. — № 3. — с. 164 – 166

REFERENCES

1. Kudelin O.G., Fomin V.I. Non-standard solution of some algebraic problems using analytic geometry. — Scientific problems of Siberia and the Far East. — 2015. — №3. — p. 164 – 166

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Векторная алгебра, сумма выражений, содержащих радикалы, рациональные коэффициенты, скалярное произведение векторов, коллинеарность векторов, область допустимых значений переменных.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Куделин Олег Георгиевич, кандидат техн. наук ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Линевич Ольга Игоревна, кандидат техн. наук ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

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

ОБ АПОРИИ ЗЕНОНА «АХИЛЛЕС И ЧЕРЕПАХА»

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водногортранспорта»

Л.М. Коврижных

ABOUT ZENO'S APORIA "ACHILLES AND THE TORTOISE"

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

L.M. Kovrizhnykh (Senior Lecturer of SSUWT)

ABSTRACT: The article deals with the aporias of the ancient Greek philosopher Zeno and, in particular, in more detail his aporias "Achilles and the tortoise". The refutation of this "paradox" is shown by purely mathematical calculations. Then, comments are also considered about his other three aporias – "paradoxes".

Keywords: The aporias of Zeno are plausible refutations of the movement. The concept of movement, space and time.

В статье рассматриваются апории древне – греческого философа Зенона и, в частности, более подробно его апорий «Ахиллес и черепаха». Показано чисто математическими выкладками опровержение этого «парадокса». Затем рассмотрены комментарии и по поводу других его трёх апорий – «парадоксов».

Известен кажущийся парадокс древне - греческого философа Зенона Элейского (ок. 490-430гг. до н.э.), который, используя бесконечную сумму неких величин, считает её бесконечной и приводит пример, что Ахиллес, имея скорость движения естественно большую чем черепаха, никогда не догонит её. Рассуждение его при этом таково ([1], стр. 61; [2], стр.231): допустим Ахиллес находится от черепахи на некотором расстоянии и намерен догнать её, следуя по направлению её движения. Он начинает движение, но черепаха тоже начинает движение с этого момента. К тому моменту, когда Ахиллес достигнет первоначального положения черепахи, она тоже продвинется на некоторое расстояние до некоего 2-го положения. Когда Ахиллес достигнет этого 2-го положения черепахи, она естественно продвинется до некоторой 3-й точки и так далее. Поэтому получается, что этот процесс бесконечен и, таким образом, Ахиллес никогда не догонит черепаху, так как достигнув предыдущего положения черепахи, она, в свою очередь, дойдёт до последующего, пусть не очень далёкого от предыдущего и Ахиллесу опять придётся её догонять.

Покажем в чём, собственно, здесь подвох, секрет, или, как говорится, собака зарыта? В чём обман, фокус этого парадокса Зенона, кажущегося на первый взгляд правдоподобным?

Ответ прост для человека, знакомого с понятием сходящегося ряда уменьшающихся чисел. Дело в том, что расстояния от 1-го положения черепахи до 2-го, от 2-го до 3-го и т.д. как раз и представляют собой сходящийся ряд, то есть конечное число, дающее точку встречи Ахиллеса и черепахи. И мы покажем это чисто математическими рассуждениями и выкладками.

Обозначим среднюю скорость Ахиллеса за V_1 м/сек., а черепахи – за V_2 м/сек., причём, естественно, предполагаем $V_1 > V_2$. Предположим, что они движутся в одном направлении прямолинейно и равномерно. То есть эти скорости постоянны – не зависят от времени t . И пусть первоначальное расстояние между Ахиллесом и черепахой равно s_0 метров. Допустим, что они начинают движение одновременно, начиная с момента времени $t_0 = 0$. И мы имеем дело с простой школьной задачей. Тогда расстояние $s_1(t)$, пройденное Ахиллесом за время t , будет выражаться формулой $s_1(t) = v_1 \cdot t$, а расстояние $s_2(t)$, пройденное черепахой, отсчитываемое от начального местоположения Ахиллеса: $s_2(t) = s_0 + v_2 \cdot t$. Мы предполагаем, естественно, что Ахиллес догонит черепаху, так как это более реально, ибо скорость его больше скорости черепахи. Понятно, что место их встречи, точнее время их встречи будет там, где эти расстояния совпадают, то есть, когда $v_1 \cdot t = s_0 + v_2 \cdot t$. Отсюда, поскольку $v_1 > v_2$

, то это уравнение разрешимо относительно времени t и время $t_g = \frac{s_0}{v_1 - v_2}$ будет временем встречи Ахиллеса и черепахи, то есть конечным. А местом их встречи будет, соответственно,

$s_g = v_1 \cdot t_g = s_0 + v_2 \cdot t_g = \frac{s_0 \cdot v_1}{v_1 - v_2}$ то есть, это расстояние от начального положения Ахиллеса.

Место же встречи – расстояние от начального положения черепахи, суть $s_e - s_0 = v_2 \cdot t_e = \frac{s_0 \cdot v_2}{v_1 - v_2}$. Итак, даже обычным школьным методом, мы доказали, что и время и место встречи конечны.

А теперь будем следовать ходу рассуждений Зенона. Ахиллес добежит до 1-го местоположения черепахи за время $t_1 = \frac{s_0}{v_1}$. За это время черепаха пройдёт путь $s_1 = v_2 \cdot t_1 = s_0 \left(\frac{v_2}{v_1} \right)$.

Далее Ахиллес пройдёт путь s_1 , то есть дойдёт до 2-й точки место положения черепахи за время $t_2 = \frac{s_1}{v_1} = \frac{s_0}{v_1} \left(\frac{v_2}{v_1} \right)$. За это время черепаха уйдёт на расстояние $s_2 = v_2 \cdot t_2 = s_0 \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^2$.

Ахиллесу предстоит пройти это расстояние s_2 за время $t_3 = \frac{s_2}{v_1} = \frac{s_0}{v_1} \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^2$. Черепаха за это

время уйдёт на расстояние $s_3 = v_2 \cdot t_3 = s_0 \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^3$. И так далее. На n – ом шаге, не трудно дога-

даться по индукции, за время $t_n = \frac{s_{n-1}}{v_1} = \frac{s_0}{v_1} \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^{n-1}$ черепаха уйдёт на расстояние

$s_n = v_2 \cdot t_n = s_0 \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^n$ и так далее. Сложив все эти расстояния, пройденной черепахой, которые

каждый раз должен преодолевать Ахиллес и добавив первым слагаемым начальное расстояние S_0 Ахиллеса от черепахи, мы получим бесконечную сумму чисел:

$$s = s_0 + s_1 + s_1 + s_3 + \dots + s_n + \dots = s_0 \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^n,$$

которая представляет собой *сумму членов геометрической прогрессии* со знаменателем $\frac{v_2}{v_1}$, меньшим 1, так как $v_1 > v_2$. Поэтому эта сумма – конечная величина и равна, по известной

формуле, $s = \frac{s_0}{1 - v_2/v_1} = \frac{s_0 \cdot v_1}{v_1 - v_2}$ представляя собой общее расстояние, преодолеваемое Ахил-

лесом до встречи с черепахой. А расстояние, пройденное черепахой при этом суть $s - s_0 = \frac{s_0 \cdot v_1}{v_1 - v_2} - s_0 = \frac{s_0 \cdot v_2}{v_1 - v_2}$. Покажем также, что и время встречи их конечно. Действительно,

сложив времена прохождения соответствующих путей Ахиллесом, будем иметь:

$$t = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n + t_{n+1} \dots = \frac{s_0}{v_1} \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^n$$

и мы опять получаем сумму членов геометрической прогрессии со знаменателем $\frac{v_2}{v_1} < 1$, зна-

чит, она конечна и равна $t = \frac{s_0}{v_1} \cdot \frac{1}{1 - v_2/v_1} = \frac{s_0}{v_1 - v_2}$.

Мы видим, что полученные нами результаты места и время встречи Ахилла и черепахи совпадают с приведенными ранее, выполненные обычным школьным методом.

Итак, секрет этой апории Зенона заключается в том, что он бесконечную сумму расстояний, пройденных черепахой за время, когда Ахиллес достиг предыдущего её местоположения, как бы в завуалированном виде, в виде правдоподобных рассуждений, посчитал бесконечной, хотя на самом деле она оказалась конечной, как мы видели выше.

Заметим ещё, что Зенон приводил вообще 4 подобного рода парадокса (вместе с этим), опровергающих движение ([2], стр. 230-233):

1. Движущийся к цели должен сначала пройти половину пути к ней. А от этой половины

сначала её половину и т.д. без конца. Аристотель (384-322гг до н.э.) ответил на это: пространство и время бесконечно делимы, но не бесконечно разделены;

2. Ахилл не догонит черепахи: сначала $\frac{1}{2}$ и т.д. Аристотель отвечает: догонит если ему позволят перейти границу. А Гегель (1770-1831гг) на это замечает: «Этот ответ правилен, содержит в себе всё», ибо действительно половина становится здесь (на известной ступени) «границей»;

3. «Летящая стрела покоится», т.к. в каждый момент времени она находится в определённом месте, и, чтобы дальше полететь, ей нужно пролететь половину пути, а до этого четверть и т.д. без конца, поэтому и останется на месте. И ответ Аристотеля: ошибка от допущения, будто «время состоит из отдельных теперь»;

4. $\frac{1}{2}$ равна двойному: движение, измеряемое по сравнению с неподвижным телом и по сравнению с телом, движущимся в *обратном направлении*.

Гегель сопоставляет Зенона с Кантом (его-де антиномии «не больше, чем то, что уже сделал Зенон»).

Общий вывод диалектики элеатов: «истинное едино, другое не истинно» подобно тому, как Кантовская философия имела своим результатом: «Мы познаём лишь явления».

Но есть и разница: «У Канта духовное есть то, что разрушает мир; по Зенону мир явления в себе и для себя не истинен. По Канту наше мышление, наша духовная деятельность есть дурное; – ставить познание ни во что есть чрезмерное смирение духа.

Приведём ещё несколько высказываний Гегеля относительно Зенона: «Особенность Зенона – диалектика...Он зачинатель диалектики...У Зенона мы точно также находим истинно объективную диалектику». «Движение Зенон рассматривал по преимуществу диалектически...Движение само есть диалектика всего сущего...Зенон и не думал отрицать движение как «чувственную достоверность», вопрос стоял лишь об истинности движения». «Сущность времени и пространства есть движение, потому что оно всеобщее; понять его значит высказать его сущность в понятиях. Движение как понятие, как мысль высказывается в виде единства отрицательности и непрерывности, но ни непрерывность, ни точечность сами по себе нельзя полагать в качестве их сущности». Два основных понятия выражают сущность движения и пространства: (бесконечная) непрерывность (Kontinuitat) и «пунктуальность» (= отрицание непрерывности, прерывность). Движение есть единство непрерывности (времени и пространства) и прерывности (времени и пространства). Движение есть противоречие, есть единство противоречий.

Парадоксы Зенона дошли до нас благодаря Аристотелю и вызвали в своё время такое волнение среди математиков и философов, что и сейчас можно наблюдать некую рябь. Аргументы Зенона показали, что конечный отрезок можно разбить на бесконечное число малых отрезков, каждый из которых конечной длины. Они показали также, что мы встречаемся с затруднениями при объяснении того, каков смысл заявления, что прямая «состоит» из точек. Проблемы, приведшие к парадоксам Зенона, неизменно возникают в ходе философских и теологических дискуссий. Это проблемы, связанные с отношением потенциальной и актуальной бесконечности ([1], стр. 61)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стройк Д.Я., Краткий очерк истории математики. М., Наука, 1978., 336 с.
2. Ленин В.И., Философские тетради. М., Политиздат, 1978., 752 с.

REFERENCES

1. Stroyk D.Ya., A brief outline of the history of mathematics. M., Nauka, 1978., 336 p.
2. Lenin V.I., Philosophical notebooks. M., Politizdat, 1978., 752 p.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Апории Зенона – правдоподобные опровержения движения. Понятие движения, пространства и времени.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Коврижных Леонид Михайлович, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

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

PROCEDURE FOR RECEIVING MATERIALS

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 Коновалову В.В. по электронной почте: konovalov@nsawt.ru. Оригиналы по почте на адрес Университета с пометкой для Коновалова В.В.

Заявка на публикацию научной статьи

	на русском языке	на английском языке
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)		
Автор(ы) (ФИО полностью, ученая степень, занимаемая должность, числовой идентификационный номер ав- тора: Author ID в системе РИНЦ)		
Количество ссылок на литературу		
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)

Требования к представлению материалов:

- 1 Статья (оригинал) и ее электронная версия в формате MS WORD (объем 3-5 страниц А4, шрифт Arial размер 14, одинарный интервал, поля 2 см).
- 2 Заявка (оригинал) и ее электронная версия в формате MS WORD на публикацию научной статьи.
- 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.

Редколлегия оставляет за собой право литературной редакции содержания статьи без согласования с автором(и)

С условиями публикации материалов можно ознакомиться у ответственного секретаря журнала Коновалова Валерия Владимировича по электронной почте: konovalov@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 аспирантов очного отделения публикация материалов в журнале – бесплатно, в порядке очередности и актуальности.

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

Попов В.Н., Борбит Н.А. ОСНОВЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ РЕЧНОГО И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА	5
---	---

TRANSPORT OPERATION AND ECONOMICS

V.N. Popov, N.A. Borbit FUNDAMENTALS OF INTERACTION OF TRANSPORT SYSTEMS ON THE EXAMPLE OF RIVER AND RAIL TRANSPORT	5
--	---

ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

Перфильев А.А. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОБЪЕМОВ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СУДОХОДНЫХ ПРОРЕЗЕЙ.....	10
Пахомова Л.В., ЩербакOVA О.В., Пичхадзе В.Р., Пахомова В.В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЕМ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫМИ ОПЕРАЦИЯМИ	12

INFRASTRUCTURE OF TRANSPORT ROUTES

A.A. Perfiliev METHODOLOGY FOR CALCULATING DREDGING VOLUMES IN THE DEVELOPMENT OF NAVIGABLE SLOTS	10
L.V. Pahomova, O.V. Shcherbakova, V.R. Pichkhadze, V.V. Pahomova IMPROVING THE MANAGEMENT OF LOADING AND UNLOADING OPERATIONS	12

СУДОВОЖДЕНИЕ

Сичкарёв В.И., Хохряков А. УРАВНЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ЯКОРЯ В АКТИВ- НОЙ ЧАСТИ ПЕРИОДА.....	18
--	----

MANAGEMENT AND MAINTENANCE OF MEANS OF TRANSPORT

V.I. Sichkarev, A.N. Khokhryakov EQUATION OF MOTION OF A HYDRODYNAMIC ARMATURE IN THE ACTIVE PART OF THE PERIOD.....	18
--	----

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

Кузнецов А.Ф. ДЕФЕКТОСКОПИЧНОСТЬ ГРЕБНЫХ ВАЛОВ БЫВШИХ В ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	23
--	----

HEAT POWER INDUSTRY

A.F. Kuznetsov FLAW DETECTION OF USED PROPELLER SHAFTS.....	23
--	----

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Сапрыкин Э.Г., Черненко А.А., Никитенко А.Г. РЕЗОНАНСЫ НАСЫЩЕННОГО ПОГЛОЩЕНИЯ НА ПЕРЕХОДАХ С МОМЕНТОМ УРОВНЕЙ $J=1/2$ В СИЛЬНОМ НАСЫЩАЮЩЕМ ПОЛЕ	27
--	----

ELECTRIC POWER INDUSTRY

E.G. Saprykin, A.A. Chernenko, A.G. Nikitenko RESONANCES OF SATURATED ABSORPTION ON TRANSITIONS WITH LEVEL MOMENTA $J=1/2$ IN THE STRONG SATURATING FIELD.....	27
---	----

ЭКОЛОГИЯ

Лебедев О.Ю., Мензилова М.Г., Рослякова О.В. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И РАСЧЕТ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ПРИ НАНЕСЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПО-КРЫТИЙ.....	32
---	----

ECOLOGY

O.Y. Lebedev, M.G. Menzilova, O.V. Roslyakova SAFETY PRECAUTIONS AND CALCULATION OF SUPPLY AND EXHAUST VENTILATION WHEN APPLYING VARIOUS PAINT COATINGS	32
--	----

ТРАНСПОРТНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Гущенко П.М. ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭВАКУАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ УГРОЗЕ И ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ	36
Куделин О.Г., Линевич О.И. РЕАЛИЗАЦИЯ РЕШЕНИЙ НЕКОТОРОГО КЛАССА ИРРАЦИОНАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ.....	39
Коврижных Л.М. ОБ АПОРИИ ЗЕНОНА «АХИЛЛЕС И ЧЕРЕПАХА»	43

TRANSPORT EDUCATION

P.M. Gushchenok LEGAL ASPECTS OF EVACUATION MEASURE IN CASE OF THREAT AND OCCURRENCE OF EMERGENCY SITUATIONS	36
O.G. Kudelin, O.I. Linevich IMPLEMENTATION OF SOLUTIONS TO A CLASS OF IRRATIONAL EQUATIONS.....	39
L.M. Kovrizhnykh ABOUT ZENO'S APORIA "ACHILLES AND THE TORTOISE"	43

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ
Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока
№2 за 2022 год

Главный редактор – Палагушкин Б.В.

Ответственный за выпуск – Коновалов В.В.
Перевод на английский язык – Солнцева Е.Н.

Подписано в печать 25.06.2018 г. с оригинал-макета
Бумага офсетная №1, формат 60x84 1/8, печать трафаретная – Riso.
Усл. печ. л. 37,3; тираж 500 экз. Заказ №
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