

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



ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБМЕН- НОГО ПАРКА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ ДЛЯ РЕГУЛИРОВА- НИЯ ПОТРЕБНОСТИ В БЕРЕГОВЫХ СКЛАДАХ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водногортранспорта»

Ю.С. Боровская, Е.С. Кадникова

JUSTIFICATION OF THE RATIONALITY OF USING THE EXCHANGE FLEET OF RAILWAY CARS TO REGULATE THE NEED FOR COASTAL WAREHOUSES

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

Y.S. Borovskaya (senior lecturer of SSUWT)

E.S. Kadnikova (senior lecturer of SSUWT)

ABSTRACT: The article deals with the issues of accumulation of goods in the warehouses of ports and the organization of navigation and inter-navigation storage, as well as the feasibility of creating "warehouses on wheels".

Keywords: Ports, internavigational storage of cargo, wagons, vessels, downtime, exchange fleet of wagons.

В статье рассмотрены вопросы накопления грузов на складах портов и организации навигационного и межнавигационного хранения, а также целесообразности создания «складов на колесах».

Накопление грузов на складах портов в межнавигационный период наряду с очевидными выгодами для портов и железнодорожного транспорта имеет и ряд негативных сторон. Одной из них является снижение интенсивности поступления грузов в порт в период навигации и как следствие этого увеличение сроков накопления нужных партий грузов на складе, коэффициента прохождения грузов через склад, себестоимости перегрузочных работ в порту. В настоящее время довольно часто в период навигации груз из железнодорожных вагонов выгружается на склад, а через весьма непродолжительное время грузиться в прибывшее судно. Поскольку задержка железнодорожных вагонов с грузом в порту негативно сказывается на показателях работы железнодорожного транспорта и за этим незамедлительно следуют штрафные санкции [2], порт вынужден принимать грузы на склад, ухудшая тем самым свое финансовое состояние.

Выходом из этого положения может быть использование логистического подхода при решении данной проблемы и создание «складов на колесах». Логистический подход предусматривает перенос внимания с внутренней среды на всю цепь поставок, состоящую из большого числа участников [4]. «Склад на колесах» (warehouse-on-wheels, WOW) – это широко распространенная концепция реализации поставок материалов в производственных системах. Вместо того, чтобы хранить запасы непосредственно в цехе, где места, как известно, не хватает, транспортные средства, которые доставляют материалы, служат мобильными хранилищами.

Суть этого метода работы заключается в том, что порт перевалки создает у себя обменный парк железнодорожных вагонов. Прибывшие в порт железнодорожные вагоны с грузом ставятся на специальные железнодорожные пути, где они отстаиваются в ожидании подхода нужного судна. Порт в обмен на поданные железнодорожные вагоны с грузом передает железнодорожной станции такое же количество порожних железнодорожных вагонов из обменного парка. Такая технология работы позволяет свести до минимума задержку подвижного состава железнодорожного транспорта в порту перевалки, исключить расходы по перегрузке грузов из железнодорожных вагонов на склады, сократить капитальные вложения в строительство складов в порту. Дополнительно появляются затраты на создание обменного парка железнодорожных вагонов и железнодорожных путей для отстоя железнодорожных вагонов в ожидании подхода судна, а также эксплуатационные расходы по содержанию обменного парка железнодорожных вагонов.

При внедрении этой технологии перегрузки грузов проблемным является вопрос определения оптимальной величины обменного парка железнодорожных вагонов и способов его создания.

Оптимальную величину обменного парка железнодорожных вагонов можно определить, исходя из сопоставления полных текущих затрат по перегрузке грузопотока, поступающего в порт в период навигации, при работе порта с береговыми складами и аналогичными расходами при освоении грузопотока с использованием обменного парка железнодорожных

вагонов, частично или полностью заменяющего береговые склады.

В качестве граничных должны быть рассмотрены два варианта, в одном из которых отсутствует обменный парк железнодорожных вагонов (все грузы перегружаются через береговые склады), а во втором варианте отсутствуют береговые склады и весь груз перегружается с использованием обменного парка железнодорожных вагонов. В качестве промежуточных должны быть рассмотрены варианты, отличающиеся различным соотношением количества груза, перегружаемого через береговые склады и перегружаемого с использованием обменного парка железнодорожных вагонов. Навигационный грузопоток в этом случае разделяется на две части, величина которых определяется с учетом следующих соображений.

При перегрузке всего грузопотока с использованием береговых складов (первый граничный вариант) через склад будет перерабатываться количество груза, равное

$$G_{скл} = G_n \cdot \alpha, \text{ тыс. т,} \quad (1)$$

а по прямому варианту

$$G_{пр} = G_n \cdot (1 - \alpha), \text{ тыс. т,} \quad (2)$$

где G_n – навигационный грузопоток, тыс. т;

α – коэффициент складочности.

Этот вариант работы характеризуется коэффициентом складочности α и средним сроком хранения груза на складе t_{xp} , величины которых следует определить по изложенной работе [1] методике.

Потребная емкость береговых складов определится с учетом среднего срока хранения груза на складе t_{xp} и величины среднесуточного грузопотока

$$E_{скл} = \frac{G_n \cdot \alpha \cdot k_{нер} \cdot t_{xp}}{T_n}, \text{ тыс. т,} \quad (3)$$

где G_n – навигационный грузопоток, тыс. т;

T_n – длительность навигационного периода, сут.;

$k_{нер}$ – коэффициент неравномерности грузопотока.

Промежуточные варианты организации перегрузочных работ назначаются с учетом различных сроков задержки груза, прибывшего в железнодорожных вагонах в порт, в ожидании подхода судов, в которые этот груз будет перегружен по прямому варианту.

Рассмотрим порядок подготовки информации по различным вариантам на примере.

Пусть на причале в течение навигационного периода $T_n = 140$ суток перерабатывается грузопоток $G_n = 35$ тыс. т. Среднесуточный грузопоток составит:

$$\bar{q} = \frac{35000}{140} = 250 \text{ т/сут.}$$

Предположим, что при существующей технологии перегрузочных работ, механовооруженности причала и грузоподъемности, используемых для перевозки данного груза судов, средний срок хранения груза на складе определился в размере 4 суток, а коэффициент складочности $\alpha = 0,8$.

Первый граничный вариант с учетом этих расчетов будет характеризоваться следующими параметрами:

1 Переработка грузов по вариантам работ:

- вагон – склад $G_n^{6-скл} = 28,0$ тыс. т;
- вагон (транзитный) – судно $G_n^{6пр-с} = 7,0$ тыс. т;
- склад – судно $G_n^{скл-с} = 28,0$ тыс. т.

2 Суммарная грузоподъемность обменного парка железнодорожных вагонов $E_{опл} = 0$ т.

3 Емкость берегового склада из расчета 4 суточного хранения грузов:

$$E_{скл} = \bar{q} \cdot t_{xp} \cdot \alpha = 250 \cdot 4 \cdot 0,8 = 800 \text{ т.}$$

Второй граничный вариант будет характеризоваться следующими величинами:

1 Переработка грузов по вариантам работ:

- вагон (транзитный) – склад $G_n^{6пр-скл} = 0$ тыс. т;
- вагон (транзитный) – судно $G_n^{6пр-с} = 0$ тыс. т;

– склад – судно

$$G_n^{скл-с} = 0 \text{ тыс. т.}$$

2 Емкость берегового склада $E_{скл} = 0$ т.

3 Суммарная емкость железнодорожных вагонов обменного парка $E_{опв} = 800$ т.

Промежуточные варианты будут характеризоваться различными сроками задержки грузов (t_3) в железнодорожных вагонах обменного парка. При этом следует помнить, что

$$0 \leq t_3 \leq t_{xp}. \quad (4)$$

Объемы работ по вариантам определяются в этом случае следующим образом.

– Переработка по варианту вагон транзитный – судно:

$$G_n^{emp-c} = G_n \cdot (1 - \alpha), \text{ тыс. т.} \quad (5)$$

– Переработка по варианту вагон обменного парка – судно:

$$G_n^{eop-c} = \frac{G_n \cdot \alpha \cdot t_3}{t_{xp}}, \text{ тыс. т.} \quad (6)$$

– Переработка по варианту вагон транзитный – склад:

$$G_n^{emp-скл} = G_n - G_n^{emp-c} - G_n^{eop-c}, \text{ тыс. т.} \quad (7)$$

– Переработка по варианту склад – судно:

$$G_n^{скл-с} = G_n^{emp-скл}, \text{ тыс. т.} \quad (8)$$

При $G_n = 35$ тыс. т, $t_{xp} = 4$ сут., $t_3 = 1$ сут. и $\alpha = 0,8$ получим:

1 Переработка грузов по вариантам работ:

– вагон (транзитный) – судно

$$G_n^{emp-c} = 7,0 \text{ тыс. т.};$$

– вагон (обменный парк) – судно

$$G_n^{eop-c} = 7,0 \text{ тыс. т.};$$

– вагон (транзитный) – склад

$$G_n^{emp-скл} = 21,0 \text{ тыс. т.};$$

– склад – судно

$$G_n^{скл-с} = 21,0 \text{ тыс. т.}$$

2 Суммарная емкость железнодорожных вагонов обменного парка $E_{опв} = 7,0$ тыс. т.

3 Емкость берегового склада $E_{скл} = 21,0$ тыс. т.

Меняя величину срока задержки железнодорожных вагонов обменного парка (t_3), можно определить характеристики других промежуточных вариантов.

Полные текущие затраты по перегрузке грузов с использованием береговых складов ($Z_{скл}$) и работе порта без зимнего накопления грузов могут быть определены следующим образом:

$$Z_{скл} = (\mathcal{E}_{npp} + \mathcal{E}_{nms} + \mathcal{E}_{\phi}) + E \cdot (K_{npp} + K_{nms} + K_{\phi}), \text{ тыс. руб.} \quad (9)$$

При использовании обменного парка железнодорожных вагонов, полностью заменяющего береговые склады оперативного хранения грузов (порт работает без зимнего накопления грузов) полные текущие затраты по перегрузке навигационного грузопотока ($Z_{опв}$) можно определить:

$$Z_{опв} = (\mathcal{E}'_{npp} + \mathcal{E}'_{опв} + \mathcal{E}'_{\phi}) + E \cdot (K'_{npp} + K'_{опв} + K'_{\phi}), \text{ тыс. руб.} \quad (10)$$

Если груз будет перегружаться с использованием обменного парка железнодорожных вагонов, частично заменяющего береговые склады, полные текущие затраты по перегрузке ($Z_{опвч}$) могут быть определены:

$$Z_{опвч} = (\mathcal{E}''_{npp} + \mathcal{E}''_{nms} + \mathcal{E}''_{опв} + \mathcal{E}''_{\phi}) + E \cdot (K''_{npp} + K''_{nms} + K''_{опв} + K''_{\phi}), \text{ тыс. руб.,} \quad (11)$$

где \mathcal{E}_{npp} ; \mathcal{E}'_{npp} ; \mathcal{E}''_{npp} ; K_{npp} ; K'_{npp} ; K''_{npp} – эксплуатационные расходы и капитальные вложения по перегрузочным работам соответственно при работе порта с береговыми складами, обменным парком железнодорожных вагонов, полностью заменяющим береговые склады и обменным парком, частично заменяющим береговые склады;

\mathcal{E}_{nms} ; \mathcal{E}''_{nms} ; K_{nms} ; K''_{nms} – эксплуатационные расходы и капитальные вложения по парку транзитных железнодорожных вагонов за время выполнения перегрузочных работ в порту соответственно при работе порта с береговыми складами и с частичной заменой береговых складов обменным парком железнодорожных вагонов;

$\mathcal{E}'_{опв}$; $\mathcal{E}''_{опв}$; $K'_{опв}$; $K''_{опв}$ – эксплуатационные расходы и капитальные вложения по обменному парку железнодорожных вагонов соответственно при полной и частичной замене им

береговых складов;

$\mathcal{E}_\phi; \mathcal{E}'_\phi; \mathcal{E}''_\phi; K_\phi; K'_\phi; K''_\phi$ – эксплуатационные расходы и капитальные вложения по

флоту за время его грузовой обработки в порту соответственно при работе порта с береговыми складами, с обменным парком железнодорожных вагонов, полностью заменяющим береговые склады, и парком, частично заменяющим береговые склады;

E – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Для выбора оптимального варианта замены береговых складов обменным парком железнодорожных вагонов целесообразно рассмотреть ряд вариантов, отличающихся размерами обменного парка железнодорожных вагонов. В качестве граничных должны быть рассмотрены вариант, в котором отсутствует обменный парк железнодорожных вагонов и вариант, в котором отсутствуют береговые склады. Составляющие эксплуатационных расходов и капитальных вложений, которые будут одинаковыми во всех вариантах, могут быть исключены из расчетов.

Методика расчетов капитальных вложений и эксплуатационных расходов по перегрузочным работам, по флоту за время его стоянок под грузовыми операциями, а также по парку транзитных железнодорожных вагонов за время их грузовой обработки является темой отдельного исследования. В общем случае показатель удельных приведенных затрат по каждому элементу доставки грузов речным транспортом содержит удельные расходы по заработной плате механизаторов и экипажей судов, эксплуатационные расходы по содержанию перегрузочного оборудования и флота и долю капиталовложений по механизации и флоту [3]. Для определения эксплуатационных расходов и капитальных вложений по обменному парку железнодорожных вагонов необходимо предварительно решить, каким образом будет организован этот парк, и как железнодорожные вагоны этого парка будут использоваться в течение года.

В данной статье мы изучили задачу планирования расходов по содержанию транспортных средств при работе по принципу WOW. В политике WOW каждый вагон работает в качестве мобильного устройства хранения, вследствие чего подвижной состав должен оставаться на простое с момента прибытия груза в порт, до момента передачи его на судно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боровская, Ю. С. Расчет объема перегрузки грузов по прямому варианту с речного транспорта на железнодорожный / Ю. С. Боровская, В. Ю. Зыкова, В. Н. Попов // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2017. – № 1-2. – С. 11-13. – EDN ZEKGNV.
2. Жендарева, Е. С. Методические особенности оценки эффективности организации транспортного процесса доставки нерудных строительных материалов / Е. С. Жендарева // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2012. – № 1. – С. 122-125. – EDN PBMUYR.
3. Зыкова, В. Ю. Теория и практика организации перевозок грузов в смешанном железнодорожно-водном сообщении / В. Ю. Зыкова // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2015. – № 3. – С. 6-9. – EDN VDUYBP.
4. Синицын, М. Г. К вопросу построения логистической системы управления производственными предприятиями / М. Г. Синицын, Н. В. Ноздрачева // Логистические системы в глобальной экономике. – 2021. – № 11. – С. 285-287. – EDN WEACVW.

REFERENCES

1. Borovskaya, Yu. S. Calculation of the volume of cargo transshipment according to the direct variant from river transport to railway / Yu. S. Borovskaya, V. Yu. Zykova, V. N. Popov // Scientific problems of transport in Siberia and the Far East. - 2017. - No. 1-2. - S. 11-13. – EDN ZEKGNV.
2. Zhendareva, E. S. Methodological features of evaluating the efficiency of the organization of the transport process for the delivery of non-metallic building materials / E. S. Zhendareva // Scientific problems of transport in Siberia and the Far East. - 2012. - No. 1. - P. 122-125. – EDN PBMUYR.
3. Zykova, V. Yu. Theory and practice of organizing cargo transportation in a mixed railway-water transport / V. Yu. Zykova // Scientific problems of transport in Siberia and the Far East. - 2015. - No. 3. - P. 6-9. – EDN VDUYBP.
4. Sinitsyn, M. G. On the issue of building a logistics management system for manufacturing enterprises / M. G. Sinitsyn, N. V. Nozdracheva // Logistic systems in the global economy. - 2021. - No. 11. - S. 285-287. – EDN WEACVW.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *Порты, межнавигацонное хранение грузов, вагоны, суда, простои, обменный парк вагонов.*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Боровская Юлия Сергеевна, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Кадникова Елена Сергеевна, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

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

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПРОГНОЗ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ В ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ С БОЛЬШИМ КОЛИЧЕСТВОМ ПЕРЕКРЕСТКОВ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водногосударственного транспорта»

«Сибирский университет потребительской кооперации»

О.Н. Иванова, А.А. Каравка, А.П. Калинина

PROBABILISTIC FORECAST OF EMERGENCY SITUATIONS IN A TRANSPORT NETWORK WITH A LARGE NUMBER OF INTERSECTIONS

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

Siberian University of Consumer Cooperation, 26 Karl Marx Ave, Novosibirsk, 630087, Russia

O.N. Ivanova (Ph.D. of Economic science, Associate Professor, SSUWT)

A.A. Karavka (senior lecturer of SSUWT)

A.P. Kalinina (Doctor of Physico-mathematical science, Professor of SUCC)

ABSTRACT: The possibility of emergency situations in a city with a large number of intersections is being studied. Based on the exponential dependence of such a criterion as brain fatigue, a model for predicting emergency situations is proposed, and numerical simulations are performed. It is shown that exponential dependencies can be successfully used to predict accidents in road transport.

Keywords: expert systems, mathematical model, prediction of emergency situations, efficient operation of vehicles, exponential dependences, degree of human fatigue, influence of traffic intensity.

Изучается возможность возникновения аварийных ситуаций в городе с большим количеством перекрестков. На основе экспоненциальной зависимости такого критерия, как мозговая усталость, предложена модель прогноза аварийных ситуаций, выполнено численное моделирование. Показано, что экспоненциальные зависимости могут быть успешно использованы для прогноза аварийных сбоев в автомобильном транспорте.

Планирование транспортных развязок в городе обычно выполняется на основе конкурирующих интересов пешеходов и автомобилистов [1,2]. Этот фактор резко выделяет эти транспортные системы от систем морского воздушного и водного транспорта.

Для прогноза достаточно часто используют экспертные системы [3], но выводы, которые позволяют получить эти системы, обычно являются качественными. Другим общим моментом является необходимость моделирования влияния человеческой усталости на возможность сбоя системы [4].

Для моделирования человеческого фактора в настоящее время используется коллегиальное мнение экспертов. Воздействие фактора человеческой утомляемости наиболее проработано для воздушного транспорта, так как авиакатастрофы имеют наиболее масштабный характер [4-6].

Данная работа посвящена разработке физико-математической модели учета влияния человеческого фактора на возникновение аварийных ситуаций в автомобильных транспортных системах. Изучается возможность возникновения аварийных ситуаций в городе с большим количеством перекрестков. В этом случае движение транспорта замедляется, водитель достаточно долго едет в «пробке». В этом случае нарастает не только вероятность задеть другую машину из-за того, что машины слишком плотно едут по дороге, но также возрастает количество «лихачей», желающих «протиснуться» либо через полосу встречного движения, либо в какой-нибудь узкий промежуток. В целом все эти ситуации инициирует мозговая усталость. В качестве моделируемой системы рассмотрено движение автомобильного транспорта по прямой трассе, пересекаемой системе перекрестков.

Предполагается, что постоянная концентрация внимания, связанная с процессами ускорения и замедления автомобиля, приводит к росту усталости и повышению вероятности возникновения аварийной ситуации. Показано, что глобальные экспоненциальные зависимости усталости человека могут быть успешно применены к прогнозу вероятности аварийных ситуаций для автомобильного транспорта.

В модели используются следующие предпосылки. Здесь мы кратко приводим описание модели, более подробно изложенное в работе [7].

Предполагается, что во время равномерного движения водитель может отдохнуть и восстановить силы. Исследование выполнено в предположении, что скорость восстановления сил на участках отдыха такая же, как на участках накопления усталости. Степень усталости

человека моделируется экспоненциальной зависимостью от времени, прошедшего с начала процесса. Учитывается время на участках разгона и торможения.

Полное расстояние, проходимое автомобилями, примерно соответствует среднему диаметру города Новосибирска и равно $L = 30$ км. Автомобили, находящиеся на трассе, полагаются распределенными по ней равномерно.

Поскольку для дестабилизации трассы достаточно, чтобы авария произошла хотя бы с одним водителем, то вероятность возникновения аварии оценивается как сумма вероятностей для одиночных автомобилей.

Исследовано влияние интенсивности потока автомобильного транспорта и среднего расстояния между перекрестками на вероятность возникновения аварии. Как известно, загруженность трассы чаще всего является причиной аварий, поэтому сначала было рассмотрено воздействие интенсивности транспортного потока Q при разной средней скорости движения транспорта. На рисунке 1 изображена зависимость вероятности возникновения аварии от скорости среднего движения по трассе для двух значений транспортного потока Q : кривые 1 – $1/6 \text{ с}^{-1}$, 2 – $1/3 \text{ с}^{-1}$ соответственно.

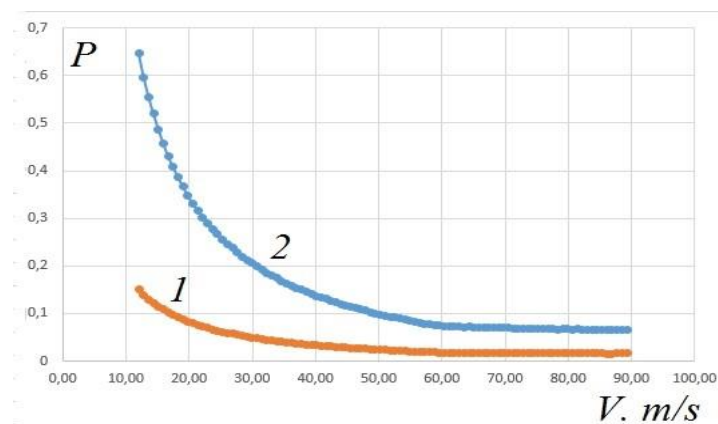


Рисунок 1 – Влияние средней скорости транспортного потока по одной полосе на вероятность аварии для различных интенсивностей транспортного потока: 1 – $1/6 \text{ с}^{-1}$, 2 – $1/3 \text{ с}^{-1}$

Однако на соотношение участков равномерного и ускоренного движения большое влияние оказывает такая величина, как среднее расстояние между перекрестками. На рисунке 2 представлена зависимость вероятности возникновения аварии от скорости среднего движения по трассе для трех различных расстояний между перекрестками: кривые 1 – 1000 м, 2 – 2000 м и 3 – 3000 м соответственно. Величина транспортного потока составляла $Q = 1/3 \text{ с}^{-1}$ для всех трех случаев.

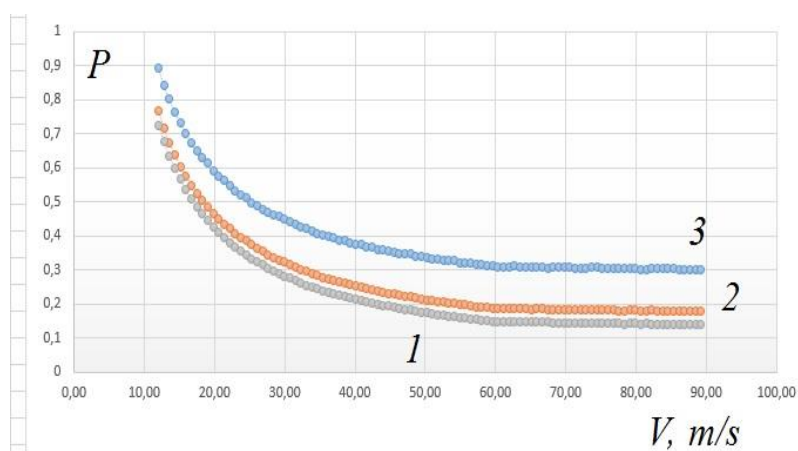


Рисунок 2, Рисунок 1 – Влияние средней скорости транспортного потока по одной полосе на вероятность аварии для различных расстояний между перекрестками при постоянной интенсивности транспортного потока: 1 – 3 км, 2 – 2 км, 3 – 1 км

Наблюдается резкий рост вероятности аварии с уменьшением средней скорости движения транспорта. На основе зависимостей 1, 2, 3, представленные на рисунке 2, мы видим, что с уменьшением расстояния между перекрестками вероятность аварии возрастает значительно. Это связано с тем, что увеличивается доля участков ускоренного движения за счет конечной протяженности перекрестков.

Видно, что при низкой скорости движения транспорта хотя бы одна авария в черте города неизбежна, а особенно опасными местами являются длительные участки с близко расположенными перекрестками. Вместе с тем мы видим, что при средней скорости движения на трассе с 40 км/час и выше вероятность ниже порогового значения 0,3, и аварии маловероятны.

Однако следует заметить, что используемая модель была максимально простой, и, хотя и позволила получить качественно правильные результаты, количественные характеристики прогноза могут быть улучшены за счет более точной модели процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pérez-Lespier, Lizzette, "Examining the efficiency of multimodal transportation systems: a systems dynamics approach" (2013). Masters Theses. 5449. https://scholarmine.mst.edu/masters_theses/5449
2. Ishfaq, R., & Sox, C. R. (2011). Hub location{allocation in intermodal logistic networks. *European Journal of Operational Research*, 210(2), 213{230.
3. Jar˙zemskiene, I. (2007). The evolution of intermodal transport research and its development issues. *Transport*, 22(4), 296-306.
4. Manuj, I., & Mentzer, J. T. (2008). Global supply chain risk management. *Journal of Business Logistics*, 29(1),
5. Джозеф Джарратано, Гари Райли Экспертные системы: принципы разработки и программирование. / Пер. с англ. — М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. — 1152 с.
6. *Авиационная медицина: руководство* / под ред. Н.М. Рудного, П.В. Васильева, С.А. Гозулова. М.: Медицина, 1986. 580 с.
7. Иванова, О.Н. Увеличение эффективности использования транспортных средств. [Текст] / О.Н. Иванова, А.А. Каравка, А.П. Калинина // *Научные проблемы Сибири и Дальнего востока*. - 2021. - № 1. - С. 11-15.

REFERENCES

1. Pérez-Lespier, Lizzette, "Examining the efficiency of multimodal transportation systems: a systems dynamics approach" (2013). Masters Theses. 5449. https://scholarmine.mst.edu/masters_theses/5449
2. Ishfaq, R., & Sox, C. R. (2011). Hub location{allocation in intermodal logistic networks. *European Journal of Operational Research*, 210(2), 213{230.
3. Jar˙zemskiene, I. (2007). The evolution of intermodal transport research and its development issues. *Transport*, 22(4), 296- 306.
4. Manuj, I., & Mentzer, J. T. (2008). Global supply chain risk management. *Journal of Business Logistics*, 29(1),
5. Joseph Giarratano, Gary Riley *Expert Systems: Design Principles and Programming*. / Per. from English. - M. : Williams Publishing House, 2006. - 1152 p.
6. *Aviation medicine: a guide* / ed. N.M. Rudny, P.V. Vasilyeva, S.A. Gozulov. Moscow: Medicine, 1986. 580 p.
7. Ivanova, O.N. Increasing the efficiency of the use of vehicles. [Text] / O.N. Ivanova, A.A. Karavka, A.P. Kalinina // *Scientific problems of Siberia and the Far East*. - 2021. - No. 1. - C. 11-15.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

экспертные системы, математическая модель, прогноз аварийных ситуаций, эффективной работы транспортных средств, экспоненциальные зависимости, степень усталости человека, влияние интенсивности потока автомобильного транспорта.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Иванова Ольга Николаевна кандидат экономич. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Каравка Александр Александрович, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Калинина Анна Павловна, доктор физ.-мат. наук, профессор АНОО ВО «СибУПК»
630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»
630087, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 26, «СибУПК»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

*630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»
630087, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 26, «СибУПК»*

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОПУЛЬСИВНОГО КОМПЛЕКСА РЕЧНОГО СУДНА

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водногосударственного транспорта»

Л.К. Арабян, Е.А. Григорьев, М.Г. Мензилова

WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF THE PROPULSION COMPLEX OF A RIVER VESSEL

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

L.K. Arabyan (Ph.D. of Technical Sciences, Prof. of SSUWT)

E.A. Grigoriev (Ph.D. of Economics Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

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

ABSTRACT: The article discusses the increase in the efficiency of the so-called propulsion complex of the ship, the elements of the ship, including the ship's hull, propellers, main power plant by increasing the surface roughness and epilamination.

Keywords: *ship propulsion complex, epilamination, surface roughness, ship hull, propellers, turbocharger.*

В статье рассматривается повышение эффективности так называемого пропульсивного комплекса судна, элементов судна, включающее корпус судна, движители, главную энергетическую установку за счет повышения шероховатости поверхности и эпиламинирования.

Современное судно – это сложный комплекс различных механизмов и устройств, позволяющих перемещать пассажиров и различные грузы по речным и морским магистралям (путям) с определенными, желательными близкими к проектным скоростям. Данные скорости должны обеспечивать так называемый пропульсивный комплекс, под которым принято понимать корпус судна, двигатель и гребной винт. В процессе эксплуатации достигнутые при постройке судна параметры пропульсивного комплекса претерпевают эксплуатационные изменения, ухудшается техническое состояние судна, что приводит к снижению эксплуатационных характеристик судна. Если рассматривать пропульсивный комплекс по элементам, то начнем с корпуса судна. В процессе эксплуатации он подвергается различным отрицательным воздействиям. Во-первых, появляются остаточные деформации в подводной части судна, что изменяет условия обтекания корпуса и создает дополнительное сопротивление движению и снижает заданную проектную скорость судна. Во-вторых, происходит обрастание различными водорослями и микроорганизмами подводной части корпуса, особенно морских судов, эксплуатирующихся в тропических акваториях. Величины этих отрицательных воздействий оцениваются в многочисленных работах [1, 2]. Данный вопрос исследовался в работе Lebedev, O. Y. Simulation of ship handling in reverse «Это относится к судам, оснащенным открытыми гребными винтами. Кроме того, струя, генерируемая пропеллером, при движении задним ходом направлена в сторону корпуса, создавая боковую силу. Этот эффект называется “выбрасывание струи на раковину”» [3].

Например, величина остаточных деформаций наружной обшивки в подводной части помимо снижения прочности судна приводит к снижению скорости судна, в связи с увеличением сопротивления корпуса, которое увеличивается в зависимости от площади и стрелки прогиба вмятин. В первом приближении эти величины могут быть регламентированы правилами «Российского Речного Регистра».

Превышение допустимых значений вмятин корпуса приводят к запрещению эксплуатации уже ввиду не по причине снижению скорости хода, но ввиду безопасной эксплуатации судна.

Рассмотрим более подробно фактор обрастания корпуса и вообще факторы, изменяющие сопротивление корпуса судна в сторону увеличения сопротивления воды движению судна. Начиная с постройки судна корпус подвергается окраске на отечественных предприятиях различными эмалями в 3-4 слоя для обеспечения общей необходимой толщины покрытия. Это требует высокой трудоемкости и значительных временных задержек на стапельных позициях.

Отечественные и зарубежные научные организации постоянно работают над созданием специальных красок, обеспечивающих высокую производительность нанесения и обладающие специальными свойствами – необрастаемость морскими водорослями и живыми микроорганизмами, а так же работают над специальными красками, обеспечивающими снижение шероховатости покрытий в том числе так называемого эффекта «самополирования», т.е.

эффект снижения параметров шероховатости непосредственно влияющих на сопротивление воды движению судна.

Для морских судов, работающих в тропических акваториях характерно интенсивное обрастание подводной части корпуса, гребных винтов, рулей и направляющих насадок. Обрастателями являются живые организмы и водоросли. Исследованиями [1] показано, что общее число известных обрастателей в настоящее время значительно превосходит 2000. Исследованиями [1] составлена специальная классификация интенсивности обрастания и составлены специальные диагностические карты, по которым прогнозируются предполагаемые снижение скорости в зависимости от степени шероховатости корпуса и всего пропульсивного комплекса.

Принято на незначительных стадиях эксплуатации судна использовать термин технологическая шероховатость под которой понимают параметр Ra (мкм) – среднее арифметическое отклонение профиля (ГОСТ 2789-73), которую определяют по оттискам с реального корпуса по этапам технологического процесса подготовки корпуса к окраске и после всех этапов окрашивания. Исследованиями показано, что очищенный под окраску корпус имеет шероховатость поверхности Ra=125 мкм, после года эксплуатации имеет шероховатость Ra=250 мкм. В этом же исследовании показано, что судно, имеющее корпус со средней шероховатостью Ra=140 мкм топлива расходует 100 т/сут при увеличении средней высоты неровностей до Ra=500 мкм расходует уже топлива 132 т/сут. Вышеприведенные рассуждения распространяются на суда, работающие в морских акваториях, где интенсивно происходят процессы обрастания пропульсивного комплекса. Эти процессы с меньшей интенсивностью происходят на судах внутреннего плавания и чаще всего при режимах стоянки и в основном в длительных пребываниях на реках.

Судовладельцы интересуют ходовые характеристики судна, на которые влияет внешнее состояние пропульсивного комплекса. Оценка характеристик поверхности определяется геометрическими параметрами шероховатости, которые оцениваются по ГОСТ 2789-73.

Среднеарифметическое отклонения профиля Ra (мкм) при постройке современных судов, а именно речь идет прежде всего о пропульсивном комплексе составляет 90–125 мкм. По мере времени эксплуатации в результате процессов коррозии, отслоения части верхних слоев краски и самое главное влияния обрастателей, шероховатость становится не технологической, а эксплуатационной и возрастает многократно.

Увеличение технологической шероховатости с первоначальной Ra=125 мкм в течение 4 лет приводит к необходимости увеличения мощности двигателя судна для соблюдения скорости морского судна на 25-30 %, что естественно приводит к перерасходу топлива.

Снижение дополнительного сопротивления движению судов, вызванного влиянием шероховатостью и обрастанием пропульсивного комплекса должны осуществляться по нескольким направлениям [1]. Окраска новых судов производится в 3-4 слоя эмалью и в два слоя противобрастающей эмалью. Но очень часто вместо необходимых 24 месяцев данная схема окраски защищает корпус судна только на 10-12 месяцев.

В настоящее время успешно применяются эмаль ХС-413 и эмаль на эпоксидной основе ЭП-46, которые наносятся слоями. Вместо 4 слоев новую краску можно наносить в два слоя, и она способна защитить подводную часть корпуса судна в течение 42 месяцев (3,5 года). При нанесении на корпус судна данных красок итоговая шероховатость Ra = 120-140 мкм, чем обеспечивается «гладкое» обтекание подводной части судна.

Новые гидрофильные покрытия поглощают воду до 80 % своего веса и сглаживают наружную поверхность. Другие самополирующие покрытия под действием морской воды медленно растворяются, выделяя антиобрастающие вещества и сглаживают бугорки неровностей, т.е. достигается эффект самополирования. Толщина пленки самополирующегося покрытия (СПП) обычно составляет 300 мкм, при этом полная защита от обрастания 24 месяца. Применение СПП увеличивает междоковый период до четырех лет.

Для речных судов как таковой проблемы обрастания практически не существует. Исключение составляют суда, работающие в низовьях рек. Более актуальна эта тематика представляет для винторулевых комплексов. Важнейшим элементом пропульсивного комплекса судна является гребной винт и направляющая насадка. О влиянии технологической шероховатости, а в дальнейшем эксплуатационной шероховатости и обрастателей (для морских судов) на эффективность пропульсивного комплекса выполнено значительное количество исследований [1, 4, 5], где представлены значения допустимых значений шероховатости, начиная от технологической шероховатости, при изготовлении и допустимой эксплуатационной. Следует

отметить, что обрастание гребных винтов происходит в меньшей степени, чем корпусов судов из-за большего влияния энергетической струи, волнения и обрастания по площади лопасти уменьшается к кромкам.

Наиболее выраженная шероховатость наблюдается в районе наиболее развитых сечений и наибольшего перепада давлений у входящей кромки. Влияние технологической шероховатости исследовалось на моделях винтов на так называемой посадочной шероховатости, имитирующей в масштабе реальную шероховатость. После чего в аэродинамической трубе определялись реальные коэффициенты упора ΔK_1 , момента ΔK_2 , по которым определялись показатели реальных гребных винтов с учетом моделирующих коэффициентов. На основании модельных испытаний были установлены требования к шероховатости поверхности различных зон лопастей, а также основных кромок и поверхностей гребных винтов различных классов. В зависимости от класса гребного винта устанавливается точность изготовления гребного винта и «чистота» обработки его поверхности. Эти требования изложены в результатах вышеперечисленных исследований и нашли отражение в ГОСТ 8054-81 «Винты гребные металлические. Общие технические условия» [6]. В зависимости от точности изготовления гребные винты должны изготавливаться четырех классов: S – особый, I – высший, II – средний, III – обычный. Для особого, высшего и среднего классов винтов применяются специальные сплавы. Для винтов обычного класса применяются углеродистые стали. Выбор материала гребного винта связан с необходимостью длительного сохранения первоначальной технологической шероховатости, что приводит к сохранению высоких значений КПД пульсивного комплекса судна. Рассмотрим только два интересующих нас класса винта, распространенных на судах внутреннего плавания – это винты обычного и среднего класса. Для повышения экономических показателей – экономии топлива на 5-10 % и повышение скорости на 5-7 % необходимо провести модернизацию движительного комплекса, а именно повышения класса шероховатости внутреннего кольца направляющей насадки с помощью ручного шлифовального инструмента или рекомендуемого метода струйной гидрообразивной обработки до достижения шероховатости, рекомендуемой для среднего класса вместо обычного.

Параметры шероховатости гребных винтов в зависимости от зоны расположения на винте и класса винта представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры шероховатости гребных винтов

Зона расположения поверхности	Параметры шероховатости Ra (Rz), мкм	
	Средний класс гребных винтов	Обычный класс гребных винтов
Поверхность входящей кромки лопасти на 0,1 длины сечения от радиуса ступицы и поверхность от 0,9 R до конца лопасти	5 (20)	20 (80)
Поверхность ступицы и лопасти вне района входящей кромки от радиуса ступицы до 0,4 R, включая галтель перехода лопасти в ступицу до конца лопасти	20 (80)	80 (320)
Остальная поверхность лопасти	10 (40)	80 (320)

Проведенными исследованиями [5] убедительно показано, что на увеличение потребной мощности и расхода топлива влияет шероховатость на периферийных сечениях и в большей степени на засасывающей стороне.

Из анализа таблицы 1 видно, что повышение класса винта на один класс ведет к снижению шероховатости в основной зоне с 80 мкм до 20 мкм, если посмотреть на график, представленный на рисунке 1 можно увидеть, что эти мероприятия приведут к ожидаемой экономии топлива на 8%. На данном рисунке показаны изменение часового расхода топлива ($\Delta Ve/Ve$) и изменение мощности главного двигателя ($\Delta Ne/Ne$) в зависимости от шероховатости лопастей гребного винта по результатам исследований морского судна [5].

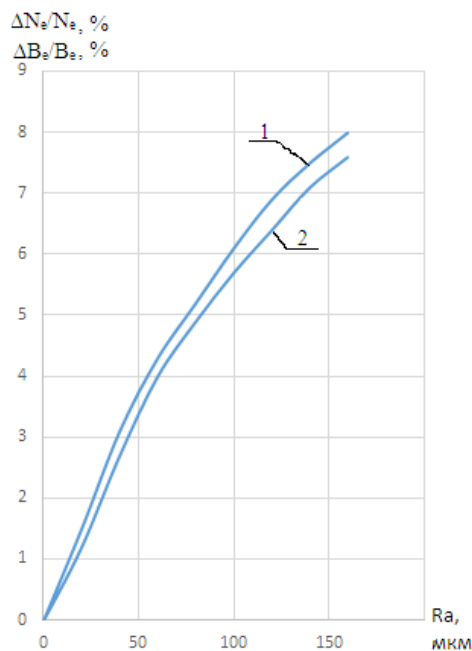


Рисунок 1 – Влияние шероховатости лопастей гребного винта на изменение часового расхода топлива (1) и на изменение мощности главного двигателя (2)

На морских судах снижение шероховатости поверхности достигается при доковых профилактических осмотрах и абразивной шлифовки лопасти гребного винта, в речном флоте из-за погони за фиктивной экономией средств эта процедура опускается, в результате чего происходит потеря скорости движения и перерасход топлива для судов проекта 1741 примерно на 7-8 % (наименее распространенных в бассейнах Сибири). Недооценка этого фактора привела в настоящее время к тому, что профилактические с этой целью подъемки на слипы в доки и выморозки, как правило, не производятся, таким образом нарушаются основные положения ГОСТ 8054-81. Необходимо периодическое техническое обслуживание (один раз в год) даже для винтов среднего и обычного класса при нахождении судна на плаву - водолазами или при деферентовании. Особое внимание состоянию шероховатости поверхности лопастей уделяется на морском флоте это связано еще с тем, что к влиянию технологической шероховатости прибавляется отрицательное влияние обрастания лопастей различными микроорганизмами.

Для контроля значений величины, в частности высотных параметров, существуют специальные шаблоны, позволяющие определять высотные параметры шероховатости Ra (Rz) даже в подводном положении лопастей гребных винтов. Наиболее простой и надежный метод исследования – метод слепков.

Таким образом одним из реальных путей повышения эффективности пропульсивного комплекса является уменьшение шероховатости лопастей путем технического обслуживания в соответствующие сроки.

В связи с некоторыми трудностями, указанными выше, «с оголением» гребных винтов возникло предложение об обработке поверхности лопастей в положении гребных винтов в погруженном и полупогруженном состоянии (дифферентование судна). Обработка соответствующей лопасти ведется с помощью дооборудованного гидроабразивного аппарата. Обработка лопастей должна вестись до достижения уровня технологической шероховатости соответствующей среднему классу по ГОСТ 8054-81, т.е. в зависимости от участка лопасти, что обеспечит, например, для теплохода проекта 1741 экономию топлива в сравнении со штатным гребным винтом обычного класса на 8%.

На приведенном рисунке 2 представлен внешний вид гидроабразивной установки для обработки лопастей гребных винтов, в рассматриваемом случае теплохода проекта 1741 стальных винтов в направляющих насадках диаметром 1,5 м. Гидроабразивная установка подвергается некоторым изменениям (модернизации), что уменьшает ее массу и устраняет ряд излишних устройств, а именно демонтируется кожух и каркасы установки. Гидроабразивный аппарат, например марки ЭЗ-161А, снабжается специальной камерой для суспензии, которая включает в себя емкость для рабочего объема абразива и воды (объем суспензии в расходном баке составляет 60 л), а также подводящего рукава подачи воздуха под давлением 0,5

МПа от энергетической установки судна, необходимый расход воздуха 30 м³/мин. Установка гидроабразивной обработки работает в этом случае в двух режимах нахождения рабочего пистолета на воздухе и в полупогруженном состоянии при очистке части лопасти, находящейся в воде. Контроль качества очистки ведется по отпечаткам.

В качестве абразива в зависимости от необходимой шероховатости выбирается размерность (крупность), возможно на предварительных стадиях и применение обычного отсеянного речного песка. Естественно, что применение гидроабразивной очистки и упрочнения поверхности лопастей гребных винтов в цеховых условиях позволяет получить эффект очистки и упрочнения в случае гидроабразивной очистки с меньшими затратами, но в сложившихся условиях предложенный вариант применения мобильной установки базированием на ремонтируемое судно с использованием энергетических параметров обслуживаемого судна является прогрессивным и оптимальным решением непосредственно повышающим эффективность эксплуатируемого судна и возможна на других судах по решению администрации руководителей эксплуатации флота.

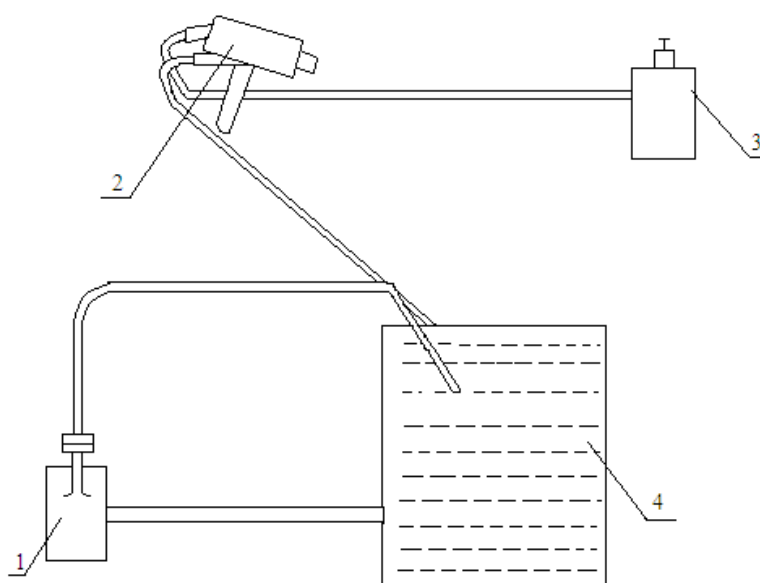


Рисунок 2 – Установка струйной гидроабразивной обработки:
1 – насос; 2 – рабочий пистолет; 3 – емкость с воздухом; 4 – бак с суспензией

Следующий пункт предложений, повышающий эффективность современного судна – использование гидрофобных поверхностно-активных веществ (ПВА). Это направление стало находить применение, в различных областях техники. И, прежде всего, такие его свойства как гидрофобность – свойство отталкивать жидкость, т.е. длительно сохранять способность не реагировать с водой, сохранять антикоррозионные свойства. Впервые эти свойства были применены на речном флоте на судне проекта 1741 по инициативе авторов настоящей статьи при модернизации турбокомпрессора ТК-14, на котором была покрыта эпиламом компрессорная часть, что позволило добиться экономии топлива примерно на 8 % за счет снижения сопротивления компрессорной части и повышения КПД наддувочного аппарата [7, 8]. Для качественного нанесения эпилама на рабочие поверхности движителей (лопастей) необходимо выполнить весь описанный цикл очистных работ с применением струйной гидроабразивной обработки для достижения указанной шероховатости по ГОСТ 8054-81 и нанесение эпиламирующего состава. При отсутствии сушильного шкафа выдержку при температуре 120 °С можно осуществлять в специальном нагревательном устройстве, изображенном на рисунке 3. Нагревательное устройство может изготовить судоремонтное предприятие на базе электроучастка. Питание нагревательного элемента можно осуществлять от сварочного трансформатора тип ТС-600, обратив особое внимание на соблюдение техники безопасности. Такое приспособление может успешно использоваться и для других операций ремонта гребных винтов.

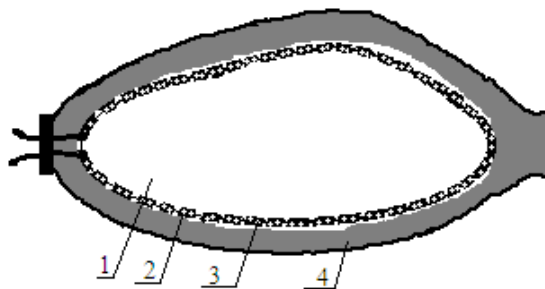


Рисунок 3 – Электронагревательный элемент:

1 – лопасть винта; 2 – гибкий каркас; 3 – нагревательный элемент; 4 – тепловая изоляция

Выводы:

1. Для повышения эффективности работы реального судна внутреннего плавания самым доступным мероприятием является обработка лопастей гребных винтов и цилиндрической направляющей насадки для достижения шероховатости (технологической) до $Ra=20$ мкм с помощью или струйной гидроабразивной обработки или, при отсутствии такой, аппаратуры с помощью ручных абразивных инструментов.

2. Повышает эффективность работы судна и нанесение по рекомендуемой технологии слоев (2-3 слоя) гидрофобного покрытия эпилама с использованием прогревающего пояса, рекомендуемого на рисунке 3. Кроме того ожидаемый эффект возможно получить при завершении исследований эффективности применения эпиламов при покрытии им переменной ватерлинии и носовой части судна. Комплекс этих мероприятий обещает экономию топлива около 8%.

3. Проведенное мероприятие показало эффективность (около 8%) на двигателе при применении эпиламирования турбокомпрессоров ТКР-14 (компрессорной части), установленные и эксплуатирующиеся на судах проекта 1741 еще в навигационный период на реке Обь в 2005-2006 годах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шманев, В.А., Шулепов, А.П., Мещаревков, А.В. Струйная гидроабразивная обработка деталей ГТД / В.А. Шманев, А.П. Шулепов, А.В. Мещаревков. – М.: Машиностроение, 1995. – 223 с.
2. Гуревич, Е.С., Искра, Е.П., Куцевалова, Е.П. Защита морских судов от обрастания / Е.С. Гуревич, Е.П. Искра, Е.П. Куцевалова. – Л.: Судостроение, 1978. – 199 с.
3. Арабьян, Л.К. Диагностика, ремонт и модернизация движительно-рулевых комплексов речных судов: учебное пособие. Новосибирск: Новосибир. гос. акад. вод. трансп., 2003. - 270 с.
4. Кацман, Ф.М. Эксплуатация пропульсивного комплекса морского судна / Ф.М. Кацман. – М.: Транспорт, 1987. – 223 с.
5. ГОСТ 8054-81 Винты гребные металлические. Общие технические условия. Межгосударственный Стандарт [Электронный ресурс]: утвержден и введен в действие Постановление Государственного комитета СССР по стандартам от 02.04.81 № 1766 – <http://docs.cntd.ru/>.
6. Арабьян, Л.К., Мензилова, М.Г. Повышение эффективности наддува судовых дизелей эпиламированием компрессорной части турбоагрегатов / Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. Научный журнал. Новосибирск. - 2006. № 1. с. 105 - 107
7. Арабьян, Л.К., Мензилова, М.Г. Повышение эффективности газотурбинного наддува дизелей за счет технологических мероприятий / Транспортное дело России. - 2006. № 6. с. 45 - 46
8. Lebedev, O. Y. Simulation of ship handling in reverse / O. Y. Lebedev, E. V. Bondareva, A. V. Fil // Journal of Physics: Conference Series, Novorossiysk, Virtual, 15–16 июня 2021 года. – Novorossiysk, Virtual, 2021. – P. 012079. – DOI 10.1088/1742-6596/2061/1/012079. – EDN HQJHUJ.

REFERENCES

1. Shmanev, V.A., Shulepov, A.P., Meshcharekov, A.V. Water jet treatment of GTE parts / V.A. Shmanev, A.P. Shulepov, A.V. Meshcharekov. - M.: Mashinostroenie, 1995. - 223 p.
2. Gurevich, E.S., Iskra, E.P., Kutsevalova, E.P. Protection of marine vessels from fouling / E.S. Gurevich, E.P. Iskra, E.P. Kutsevalova. - L.: Shipbuilding, 1978. - 199 p.
3. Arabyan, L.K. Diagnostics, repair and modernization of the propulsion and steering systems of river vessels: a tutorial. Novosibirsk: state acad. water.transp., 2003. - 270 p.
4. Katsman, F.M. Operation of the propulsion complex of a sea vessel / F.M. Katzman. - M.: Transport, 1987. - 223 p.
5. GOST 8054-81 Metal propellers. General specifications. Interstate Standard [Electronic resource]: approved and put into effect by the Decree of the USSR State Committee for Standards dated 02.04.81 No. 1766 - <http://docs.cntd.ru/>.
6. Arabyan, L.K., Menzilova, M.G. Improving the efficiency of pressurization of marine diesel engines by epilating the compressor part of turbochargers / Scientific problems of transport in Siberia and the Far East. Science Magazine. Novosibirsk. - 2006. No. 1. p. 105 - 107
7. Arabyan, L.K., Menzilova, M.G. Improving the efficiency of gas turbine supercharging of diesel engines due to technological measures / Transport business of Russia. - 2006. No. 6. p. 45 – 46
8. Lebedev, O. Y. Simulation of ship handling in reverse / O. Y. Lebedev, E. V. Bondareva, A. V. Fil // Journal of Physics: Conference Series, Novorossiysk, Virtual, June 15–16, 2021. - Novorossiysk, Virtual, 2021. - P. 012079. - DOI 10.1088/1742-6596/2061/1/012079. – EDN HQJHUJ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

пропульсивный комплекс судна, эпиламирование, шероховатость поверхности, корпус судна, движители, турбокомпрессор

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Левон Карапетович Арабьян, кандидат техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Евгений Алексеевич Григорьев, кандидат эконом. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Марина Геннадьевна Мензилова, кандидат техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

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

СПОСОБЫ СОЗДАНИЯ ГАЗОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ МОДУЛЬНОСТИ И CFD-МОДЕЛИРОВАНИЯ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водногосударственного транспорта»

Д.С. Тельцов, С.П. Андрищенко, А.С. Дмитриев

METHODS FOR CREATING GAS ENGINES BASED ON MODULARITY AND CFD MODELING

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

D.S. Teltsov (assistant of SSUWT)

S.P. Andryushchenko (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof., SSUWT)

A.S. Dmitriev (Ph.D. of Technical Sciences, Assoc. Prof., SSUWT)

ABSTRACT: The article discusses ways to create gas engines by converting from diesel or dual-fuel. As such methods, modularity and CFD modeling in the design of the combustion chamber are considered. Conclusions are drawn about the effectiveness of the applied methods.

Keywords: *CFD modeling, Otto-motor, prechamber.*

В статье рассматриваются способы создания газовых двигателей путем конвертации из дизельного или двухтопливного. В качестве таких способов рассмотрены модульность и CFD-моделирование при проектировании камеры сгорания. Сделаны выводы об эффективности применяемых способов.

Постепенный ввод более строгих экологических нормативов для судовых и транспортных двигателей внутреннего сгорания заставляет двигателестроительные корпорации искать пути решения этих проблем. При производстве новых двигателей, удовлетворяющих требованиям экологических стандартов и международных конвенций [1] находят место двухтопливные и газовые версии ранее разработанных дизельных двигателей.

Газовые и двухтопливные двигатели становятся все более привлекательными на водном транспорте. Это обусловлено более низким расходом топлива, и уменьшением выбросов (NO_x , SO_x , CO_2 и PM) по сравнению с преобладающими в настоящее время дизельными двигателями. Переход от дизельного топлива к природному газу очевиден из-за разницы в стоимости топлив.

Таким образом, газовые двигатели являются не только экономичной, но и экологически чистой альтернативой преобладающим сегодня дизельным двигателям.

В данной статье представлены методы проектирования новых двигателей на основе ранее созданных образцов.

Модульность.

Согласно материал научной конференции [2], данная концепция основана на использовании большого количества деталей из хорошо зарекомендовавшего себя в эксплуатации двигателя. Это позволяет снизить издержки на проектирование и производство аналогичных деталей. Так как удельная низшая теплота сгорания природного газа ниже, чем у дизельного топлива, то для достижения той же мощности, приходится увеличивать рабочий объем цилиндра у вновь разрабатываемого газового двигателя. Это достигается путем увеличения диаметра втулки цилиндра при том же ходе поршня.

Разница между двухтопливным и газовым двигателями заключается исключительно в деталях, участвующих в процессе сгорания. Эти компоненты изготавливаются в соответствии с одними и теми же принципами проектирования и из одних и тех же материалов в обоих двигателях.

В двухтопливном двигателе воспламенение осуществляется за счет подачи жидкого топлива через пилотную форсунку, в газовых — через свечу зажигания в предкамере. Чтобы интегрировать эти компоненты в конструкцию, оба двигателя должны иметь разные крышки цилиндра. Свечу и катушку зажигания целесообразно размещать в легкодоступном месте для облегчения обслуживания во время эксплуатации. На рисунке 1 изображено расположение данных конструктивных элементов на примере двигателя MAN 51/60G.

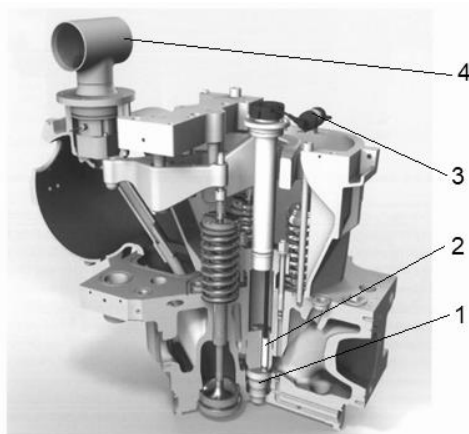


Рисунок 1 – Крышка цилиндра двигателя MAN 51/60G 1 – предкамера, 2 – свеча зажигания, 3 – катушка зажигания, 4 – коллектор подвода газа

Продуваемая предкамера гарантирует эффективное и надежное зажигание обедненной газовой смеси. Благодаря более богатой смеси, по сравнению с основной камерой сгорания, зажигание газовой смеси в предкамере происходит намного стабильнее. После воспламенения в предкамере газовой смеси смесь поступает в основную камеру. Энергия сгорания газовой смеси в предкамере многократно превосходит энергию электрического разряда свечи зажигания, обеспечивая тем самым быстрое и стабильное сгорание обедненной смеси в основной камере, несмотря на большой диаметр цилиндра [3].

CFD-моделирование.

Для сохранения эффективности работы предкамеры применено CFD-моделирование. CFD-моделирование – это современный способ определения аэродинамических характеристик газов с представлением результатов в наиболее подходящей для практического применения форме.

CFD-моделирование позволяет сохранить хорошо известные и проверенные серийные характеристики сгорания. Особое внимание необходимо уделять скорости движения и турбулентности газовой смеси, а также распределению топлива в предкамере в момент воспламенения. Эти переменные характеризуют характер воспламенения и последующее горение в предкамере.

На основе вышеизложенного можно сделать вывод, что модульность основных конструктивных элементов, масштабируемость аэродинамических процессов, происходящих в камерах сгорания являются эффективными и экономичными способами для создания и конвертирования новых газовых двигателей

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Международная Конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 года, измененная Протоколом 1978 г. к ней (МАРПОЛ 73/78) / книга III. – СПб.: ЗАО ЦИИМФ, 2000. – 282 с. – Текст: непосредственный.
2. MAN Diesel & Turbo's newly developed V 51/60G Otto Gas Engine consequent extension of a successful engine family/ Dr. M. Auer, P. Hagl, Dr. J. Zhu, St. Terbeck, N.Bockhoff, Dr. R. Golloch, Dr. G. Stiesch, 2015
3. Новые газопоршневые двигатели 51/60G компании «МАН Дизель и Турбо» [Электронный ресурс] // "Турбины и дизели. Специализированный технический журнал": [сайт] – 2022. – URL: <http://www.turbine-diesel.ru/node/3733/> (дата обращения: 21.09.2022). – Текст: электронный.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

CFD-моделирование, газовый двигатель, предкамера.
Тельцов Дмитрий Сергеевич, ассистент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Андрющенко Сергей Петрович, кандидат техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Дмитриев Александр Сергеевич, кандидат техн. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
630099, г. Новосибирск, ул. Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»

REFERENCES

1. IMO – International Marine Organization (2009): Revised MARPOL Annex VI Regulation for the prevention of air pollution from ships. London
2. MAN Diesel & Turbo's newly developed V 51/60G Otto Gas Engine consequent extension of a successful engine family/ Dr. M. Auer, P. Hagl, Dr. J. Zhu, St. Terbeck, N.Bockhoff, Dr. R. Golloch, Dr. G. Stiesch, 2015
3. New gas piston engines 51 / 60G of the company "MAN Diesel and Turbo" [Electronic resource] // "Turbines and diesel engines. Specialized technical journal": [website] - 2022. - URL: <http://www.turbine-diesel.ru/node/3733/> (date of access: 09/21/2022). – Text: electronic.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ КРЫЛА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ЯКОРЯ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

В.И. Сичкарёв, А.Н. Хохряков, Ю.С. Покалюхин, А.В. Бабенко

COMPUTER SIMULATION OF WING OPERATION IN A HYDRODYNAMIC ANCHOR.

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)

Y.S. Pokalyukhin (engineer of CADFEM)

A.V. Babenko (engineer of CADFEM)

ABSTRACT: A computer simulation of the flow problem of a hydrodynamic armature wing is carried out. Calculated values of the longitudinal and transverse components of the hydrodynamic force of the wing were obtained, which determined the modulus of the main vector of hydrodynamic forces and its direction relative to the transverse component. The simulation made it possible to proceed to quantitative definitions of the installation angle of the hydrodynamic anchor relative to the anchor cable.

Keywords: hydrodynamic anchor, wing in a constant velocity flow, computer modeling, components of hydrodynamic forces, optimal angle of attack, setting angle of the hydrodynamic anchor.

Проведено компьютерное моделирование задачи обтекания крыла гидродинамического якоря. Получены расчётные значения продольной и поперечной составляющих гидродинамической силы крыла, которые определили модуль главного вектора гидродинамических сил и его направление относительно поперечной составляющей. Проведённое моделирование позволило перейти к количественным определениям установочного угла гидродинамического якоря относительно якорного троса.

В ходе исследований по снижению скорости дрейфа спасательных средств найдено техническое решение гидродинамического якоря (ГДЯ), которое преобразует воспринимаемую спасательным плотом (СП) энергию волнения в работу против сил дрейфа СП, [1]. Это преобразование осуществляется путём создания гидродинамической силы на ГДЯ, которая имеет составляющие, направленные навстречу направлению дрейфа, и передаётся через якорный трос на СП. Под действием этой силы СП приобретает относительное движение навстречу дрейфу и тем самым компенсирует некоторую часть своего первичного дрейфа.

Эта общая схема работы ГДЯ детализируется в работе каждого крыла конструкции ГДЯ, работающего в переменном по скорости и направлению водном потоке в режиме смены своего расположения в раме ГДЯ: в фазе опускания ГДЯ крыло поднято вверх, в фазе подъёма ГДЯ крыло опущено в рабочее положение и воспринимает возникающую на нём гидродинамическую нагрузку. Такая циклическая работа ГДЯ координируется его тросовой связкой с СП, причём, под нагрузкой происходит смещение ГДЯ относительно плота с изменением углов его расположения.

Сложный характер силового и геометрического взаимодействия ГДЯ и СП требует постановки системной математической задачи, а также физических испытаний всего комплекса. При этом для физического эксперимента нужно разрабатывать макеты ГДЯ, максимально близкие к оптимальному результату, а для их разработки нужны хотя бы ориентировочные количественные гидродинамические характеристики крыла ГДЯ. Предварительное гидродинамическое исследование крыла ГДЯ проведено методом компьютерного моделирования.

Крыло, размещённое между вертикальными боковыми киями в потоке жидкости, движущейся со скоростью v от 0,1 до 1 м/с, устанавливается под разными углами атаки α к направлению потока и выполняется расчёт его обтекания с определением скоростей и давлений. Интегрирование по поверхности крыла определяет суммарную гидродинамическую силу F крыла и вращательный момент M относительно носика крыла. Суммарная сила F раскладывается на две взаимно перпендикулярные составляющие X и Y , из которых X направлена вдоль потока.

Расчётные значения сил X , Y и момента Z представлены в таблицах 1-3.

СУДОВОЖДЕНИЕ

Таблица 1 – Значения силы X

Угол атаки α	Скорость v , м/с				
	1	0.75	0.5	0.25	0.1
0	4.838	2.812	1.319	0.380	0.090
22.5	43.177	23.453	12.359	3.149	0.508
45	133.627	75.253	33.553	8.395	1.339
67.5	241.317	135.682	60.310	15.091	2.407
90	300.152	168.858	75.070	18.770	2.996
112.5	243.935	137.239	60.996	15.237	2.432
135	155.460	87.446	38.853	9.694	1.548
157.5	64.746	36.305	16.117	4.005	0.633
180	8.644	5.062	2.354	0.636	0.111
202.5	30.957	17.624	7.752	1.946	0.323
225	36.781	20.877	9.214	2.303	0.370
247.5	99.486	56.037	24.922	6.240	1.016
250	159.85	90.592	41.982	10.394	1.679
260	162.05	92.114	41.558	10.736	1.820
270	181.84	102.51	45.775	11.570	1.774
280	173.59	97.626	43.496	11.010	1.854
290	156.65	88.026	39.081	9.770	1.573
292.5	174.406	98.328	43.873	11.085	1.793
315	101.087	56.896	25.281	6.312	1.026
337,5	31,952	18,024	8,027	2,025	0,331

Таблица 2 – Значения силы Y

α	Скорость v , м/с				
	1	0.75	0.5	0.25	0.1
0	57.281	31.491	13.185	2.692	0.045
22.5	140.735	82.118	32.276	7.885	1.253
45	154.336	86.863	38.630	9.616	1.536
67.5	109.796	61.711	27.427	6.862	1.092
90	2.540	1.432	0.641	0.162	0.025
112.5	-102.456	-57.618	-25.599	-6.392	-1.020
135	-157.891	-88.790	-39.440	-9.838	-1.570
157.5	-157.799	-88.235	-39.171	-9.736	-1.540
180	-28.715	-13.748	-3.045	0.279	0.266
202.5	-33.498	-19.25	-8.220	-1.977	-0.317
225	-42.244	-24.114	-10.488	-2.571	-0.408
247.5	-98.723	-55.552	-24.661	-6.106	-0.952
250	9.103	5.616	4.020	0.887	0.144
260	-31.399	-17.013	-7.075	-1.498	-0.167
270	-48.067	-26.874	-11.783	-2.834	-0.484
280	-77.581	-43.622	-19.325	-4.723	-0.680
290	-98.629	-55.544	-24.704	-6.154	-0.971
292.5	-99.328	-55.768	-24.707	-6.122	-0.977
315	-93.682	-52.677	-23.369	-5.809	-0.939
337.5	-32.140	-18.060	-7.947	-1.974	-0.315

Таблица 3 – Значения момента M относительно носика крыла

α	Скорость v , м/с				
	1	0.75	0.5	0.25	0.1
0	4.099	2.251	0.935	0.186	0,001
22.5	12.602	7.153	3.109	0.768	0.122
45	19.501	10.972	4.877	1.215	0.193
67.5	27.270	15.327	6.809	1.702	0.271
90	32.243	18.134	8.061	2.015	0.321
112.5	29.227	16.439	7.305	1.824	0.291
135	24.767	13.931	6.190	1.545	0.247
157.5	18.919	10.578	4.701	1.172	0.186

180	0.644	0.111	-0.266	-0.174	-0.051
202.5	-3.156	-1.815	-0.770	-0.183	-0.029
225	-4.057	-2.318	-1.004	-0.243	-0.037
247.5	-12.423	-6.993	-3.106	-0.771	-0.122
250	-21.482	-12.138	-5.518	-1.370	-0.221
260	-31.399	-12.141	-5.437	-1.382	-0.228
270	-48.067	-12.65	-5.631	-1.408	-0.218
280	-21.366	-12.016	-5.342	-1.339	-0.216
290	-19.388	-10.903	-4.842	-1.207	-0.192
292.5	-20.391	-11.472	-5.101	-1.277	-0.205
315	-11.844	-6.656	-2.950	-0.732	-0.118
337.5	-2.951	-1.656	-0.726	-0.179	-0.028

Составляющие X, Y гидродинамической силы крыла приведены в расчёте на единицу его погонной длины L = 1 м.

Графики продольной силы X и поперечной силы Y приведены на рисунке 1, 2.

Полная величина гидродинамической силы равна

$$F = \sqrt{X^2 + Y^2}. \quad (1)$$

Значения гидродинамической силы F(α) для значений скорости V, принятых в таблицах 1-3, приведены в таблице 4 и на рисунке 3.

Направление вектора F(α) будем описывать углом A относительно оси Y по ходу часовой стрелки. Тогда:

$$A = -\arctg \frac{Y}{X} + \begin{cases} 90^\circ \text{ при } X > 0; \\ 270^\circ \text{ при } X \leq 0. \end{cases} \quad (2)$$

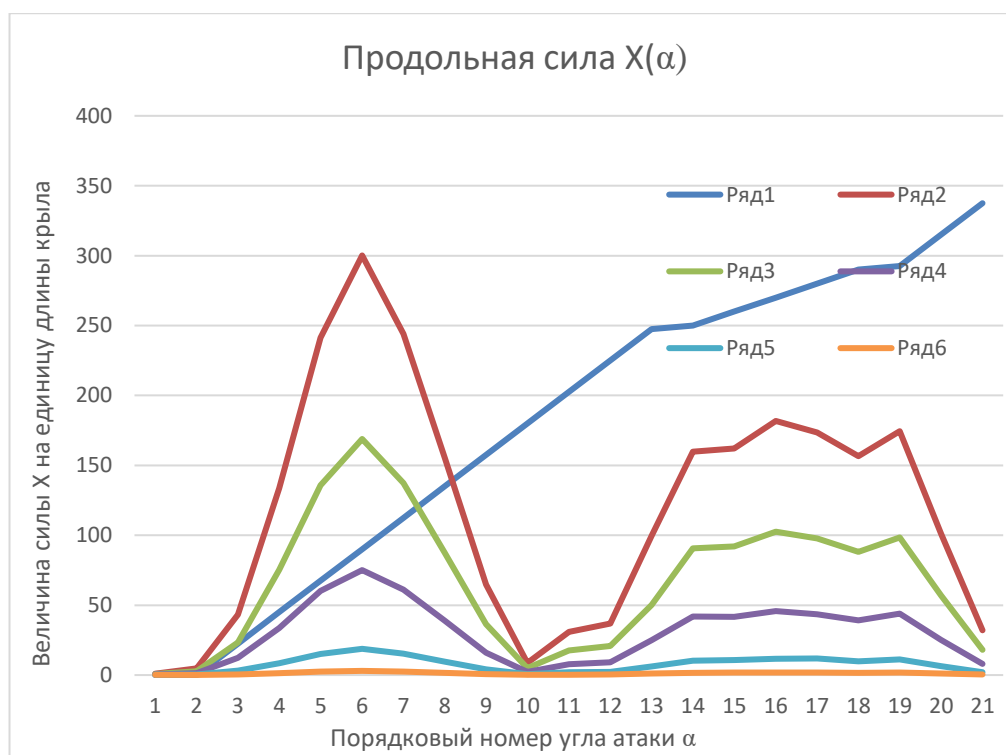


Рисунок 1 – Продольная составляющая X гидродинамической силы

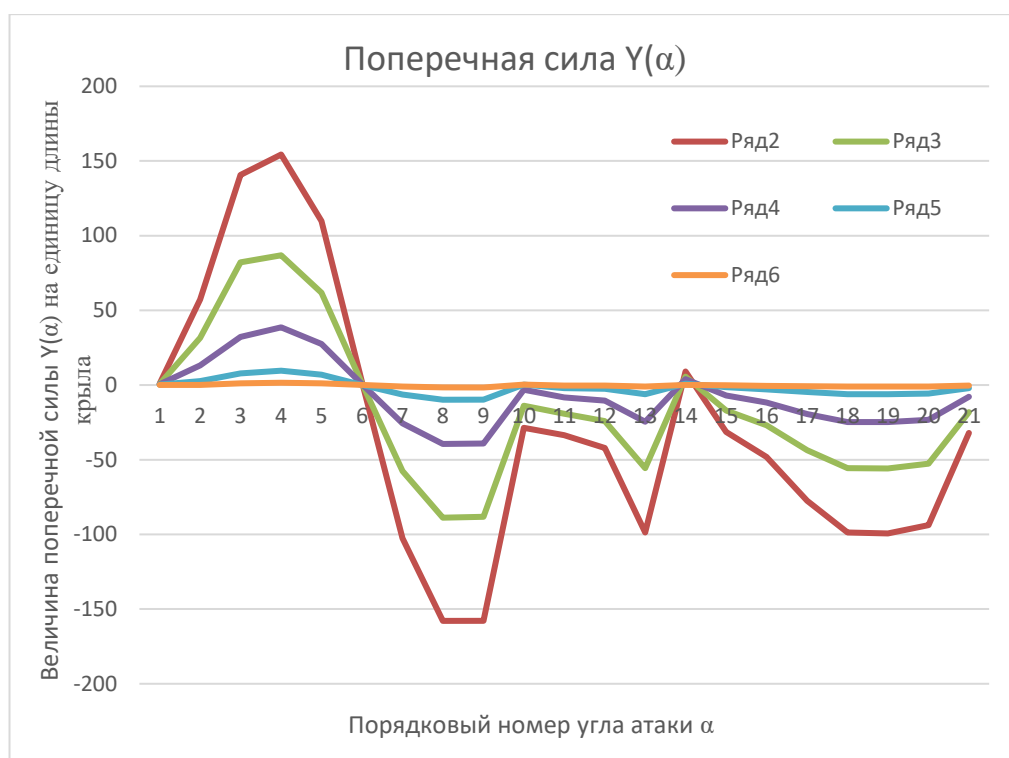


Рисунок 2 – Поперечная составляющая Y гидродинамической силы

Таблица 4 – Модуль полной гидродинамической силы F , Н

i	α	Скорость v , м/с				
		1	0,75	0,5	0,25	0,1
1	0	57,48412	31,61513	13,25589	2,716708	0,098489
2	22,5	147,2144	85,40256	34,56542	8,486277	1,350037
3	45	204,1514	114,9227	51,16522	12,77123	2,041372
4	67,5	265,1252	149,0543	66,25482	16,57612	2,645033
5	90	300,1607	168,8661	75,07273	18,77068	3,000067
6	112,5	264,5842	148,8452	66,15406	16,5162	2,635394
7	135	221,5786	124,6241	55,36096	13,81722	2,206218
8	157,5	170,5679	95,41862	42,35733	10,53317	1,663881
9	180	29,99147	14,65149	3,848532	0,69857	0,291548
10	202,5	45,61548	26,09649	11,29738	2,779011	0,452548
11	225	56,0088	31,89462	13,95938	3,448898	0,552268
12	247,5	140,1567	74,76499	35,05884	8,733253	1,393879
13	250	160,1088	90,76416	42,17204	10,42805	1,685823
14	260	165,0641	93,66746	42,15875	10,84424	1,827922
15	270	188,0864	105,9731	47,281	11,91108	1,83393
16	280	190,1372	106,9314	47,5974	12,71827	1,980404
17	290	185,1137	104,0864	46,23134	11,54983	1,845481
18	292,5	200,712	113,0446	50,35038	12,66659	2,040711
19	315	137,8228	77,5422	34,42725	8,577424	1,394453
20	337,5	45,31867	25,51243	11,29971	2,85007	0,459674

Значения направления A полной гидродинамической силы при разных скоростях потока v приведены в таблице 5 и на рисунке 4 а-д.

Сравнение графиков показывает, что несмотря на значительное различие модуля гидродинамической силы при изменениях скорости потока, направление силы от скорости пото-

ка зависит значительно меньше. Некоторые сбои наблюдаются при очень малых скоростях потока, когда начинается нарушение закономерности при углах атаки вблизи 180°.

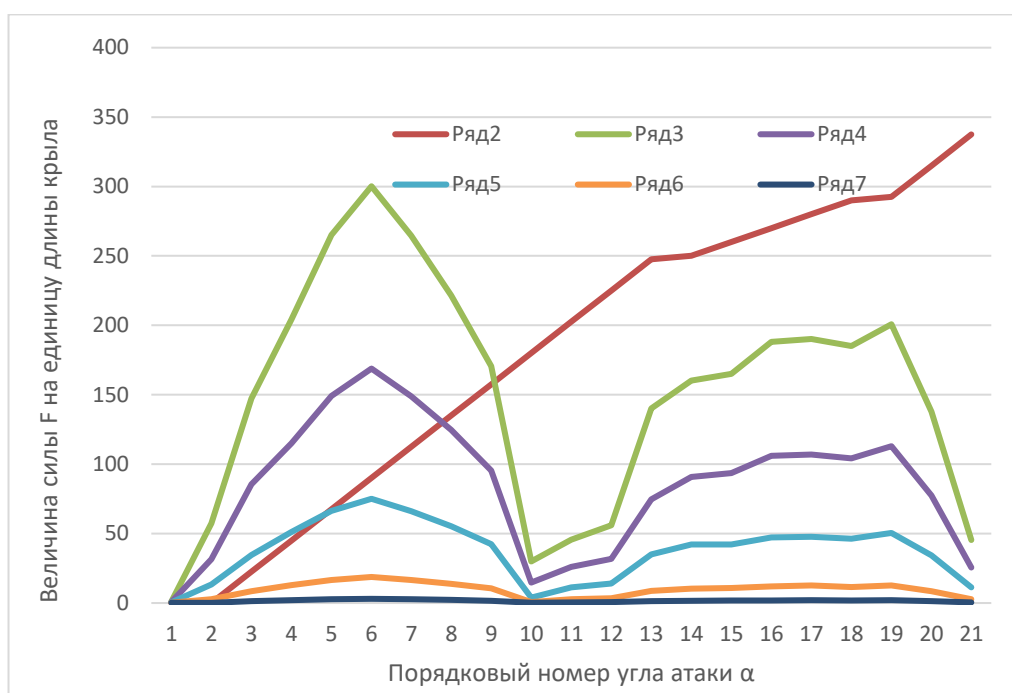
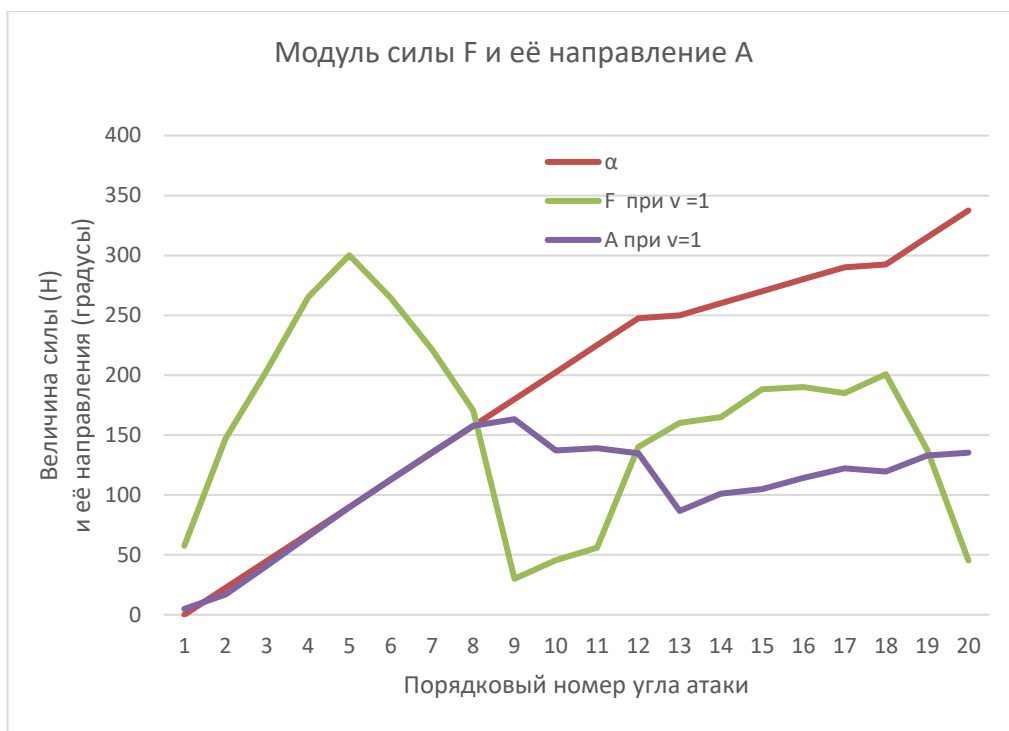


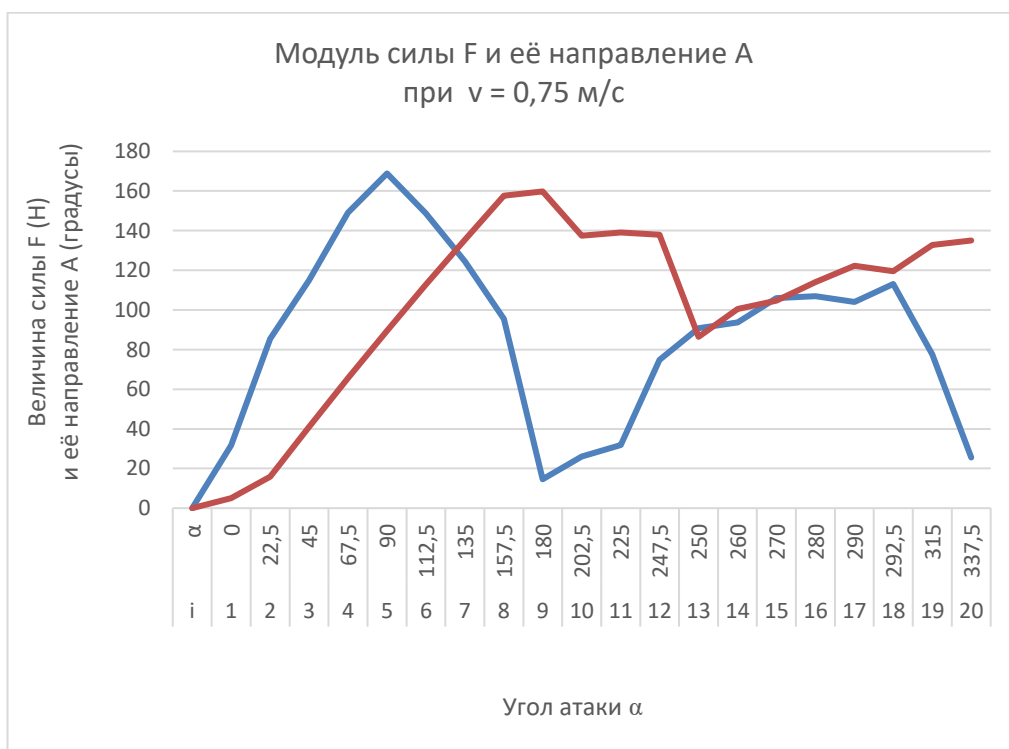
Рисунок 3 – Полная гидродинамическая сила $F(\alpha)$ крыла при различных значениях скорости потока: ряд 2 – угол α ; ряд 3 – $v = 1$ м/с; ряд 4 – $v = 0,75$ м/с; ряд 5 – $v = 0,5$ м/с; ряд 6 – $v = 0,25$ м/с; ряд 7 – $v = 0,1$ м/с

Таблица 5 – Направление A полной гидродинамической силы F

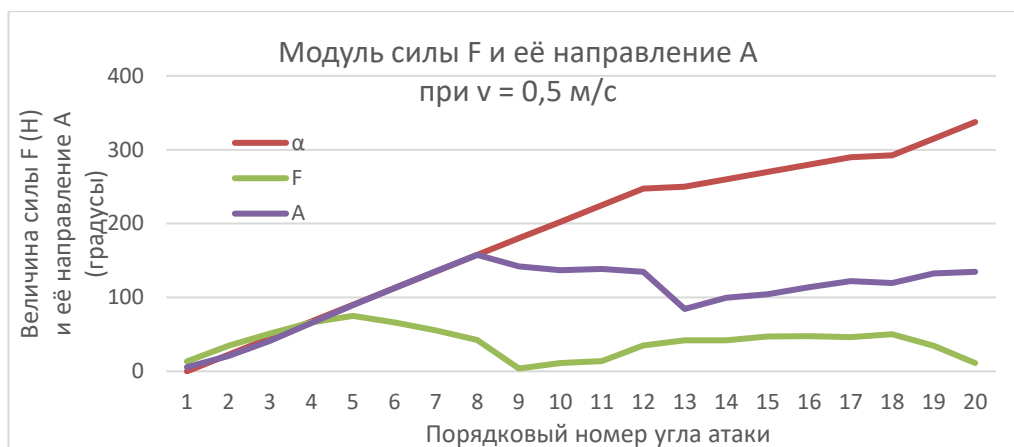
i	α	Скорость v , м/с				
		1	0,75	0,5	0,25	0,1
1	0	4,82986	5,099263	5,714893	8,040624	66,03751
2	22,5	17,05563	15,9371	20,95182	21,78887	22,19546
3	45	40,88653	40,90358	40,97418	41,12684	41,0275
4	67,5	65,53458	65,543	65,54316	65,55318	65,66361
5	90	89,51515	89,5148	89,51154	89,51161	89,61803
6	112,5	112,7834	112,775	112,7664	112,7613	112,7704
7	135	135,4443	135,4356	135,4318	135,4105	135,3673
8	157,5	157,6902	157,6333	157,6309	157,6228	157,751
9	180	163,2568	159,7964	142,1772	66,37062	22,16635
10	202,5	137,2565	137,5314	136,6857	135,4374	135
11	225	138,9527	139,1064	138,7175	138,1733	137,9357
12	247,5	134,7774	137,9872	134,6995	134,3969	132,965
13	250	86,74176	86,45005	84,53004	85,10404	85,23636
14	260	100,9662	100,463	99,66787	97,95077	95,33632
15	270	104,8076	104,688	104,4271	103,7446	105,1729
16	280	114,0806	114,0746	113,9478	111,7847	110,082
17	290	122,1953	122,2487	122,2944	122,2315	121,7092
18	292,5	119,6624	119,5607	119,3906	118,892	118,7001
19	315	132,8212	132,7946	132,7517	132,6377	132,3842
20	337,5	135,1699	135,0635	134,7132	134,0049	134,1186



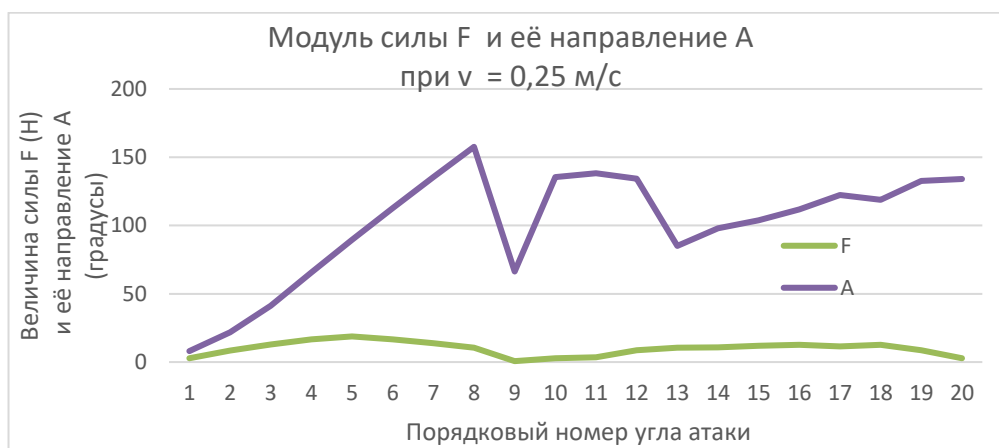
а) скорость потока 1 м/с



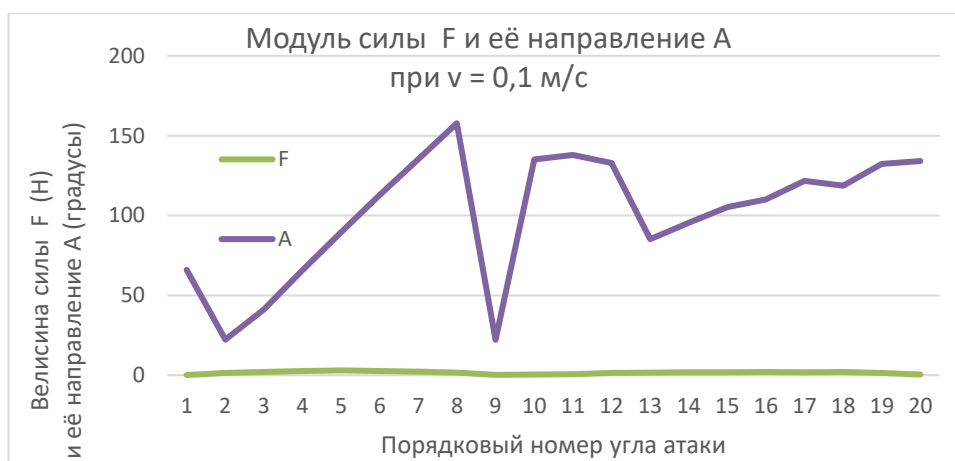
б) скорость потока 0,75 м/с; синяя линия – F; красная - A



в) скорость потока 0,5 м/с



г) скорость потока 0,25 м/с



д) скорость потока 0,1 м/с

Рисунок 4 – Полная гидродинамическая сила F и её направление A при различных значениях скорости потока

Полученные результаты позволяют представить работоспособность гидродинамического якоря (ГДЯ) в начальной фазе его работы.

В начальной фазе подъёма ГДЯ в установившемся рабочем процессе якорный трос отклонён от вертикали на некоторый угол θ , а вертикальная скорость подъёма на гармонической волне начинается с нуля на подошве волны, достигает максимума при нахождении плота на уровне свободной поверхности и вновь уменьшается до нуля на гребне волны:

$$\text{ордината волнового профиля } \zeta = \frac{h}{2} \cos(kx - \omega t);$$

$$\text{вертикальная скорость } \frac{\partial \zeta}{\partial t} = v_z = \frac{\pi h}{\tau} \sin(kx - \omega t);$$

горизонтальная скорость $v_x = \frac{\pi h}{\tau} \cos(kx - \omega t)$;

угол волнового склона $\frac{\partial \zeta}{\partial x} = v_x = -\frac{\pi h}{\lambda} \sin(kx - \omega t)$. (3)

Расположение ГДЯ в начальной фазе подъёма и расположение его координатных осей, принятое в таблицах 1-5 и на графиках 1-4, представлено на рисунке 5.

Анализируя рисунок 5 и таблицы 4, 5 в интересах достижения максимальной проекции силы F на горизонтальную плоскость навстречу направлению движения волны, рассмотрим рисунок 6.

В начальный момент фазы подъёма плота на переднем склоне волны ГДЯ располагается под некоторым углом θ относительно вертикали плота и имеет преимущественно вертикальную составляющую скорости v .

Следовательно, ГДЯ находится в потоке воды, направленном сверху вниз. Это направление формирует ось X ; перпендикулярно ей в сторону выпуклости крыла ГДЯ (влево) располагается ось Y (левая система координат). От оси Y отсчитываются углы направления гидродинамической силы F (в левой системе координат - против часовой стрелки). Угол установки ГДЯ относительно якорного троса φ связан с углом атаки крыла α и с углом положения троса относительно вертикали θ соотношением

$$\alpha = \varphi - \theta. \quad (4)$$

Угол θ в процессе работы может принимать различные значения; угол φ задаётся конструктивными методами при монтаже ГДЯ, а угол α может быть определён из годографа силы F .

Из таблиц 4, 5 видно, что в пределах углов атаки $0-90^\circ$ модуль силы F возрастает и меняется угол её направления A от оси Y .

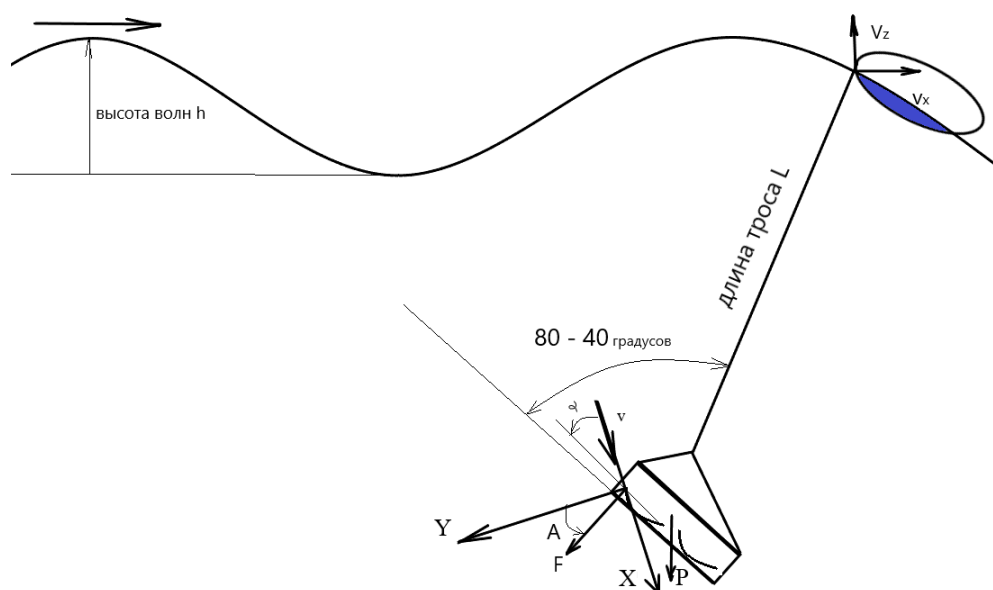


Рисунок 5 – Боковой вид системы ГДЯ – плот с системой координат XY крыла ГДЯ и отсчётом направления A гидродинамической силы F

Годограф силы F представленный на рисунке 5, показывает, что максимальная составляющая в направлении навстречу волновому движению наблюдается при углах атаки $\alpha_{\text{опт}}$ около 45° . Задаваясь некоторым (возможно – статистическим) значением угла θ , из (4) можно получить оптимальное значение установочного угла φ :

$$\varphi = \alpha_{\text{опт}} + \theta. \quad (5)$$

Например, принимая $\theta = 10^\circ$, из (5) находим для начальной установки

$$\varphi_{\text{опт}} = 45^\circ + 10^\circ = 55^\circ. \quad (6)$$

Под действием начальной гидродинамической силы F ГДЯ приобретает собственное движение по окружности на натянутом якорном тросе. Вектор скорости потока отклоняется от вертикали, увеличивая угол θ . В соответствии с (6) это потребует увеличения $\varphi_{\text{опт}}$. В бассейновых экспериментах на лучших моделях ГДЯ углы θ достигали величины 40° . В этом

случае оптимальный угол $\varphi_{\text{опт}}$ должен быть переменным в течение фазы подъёма ГДЯ, что требует отдельного технического решения. При фиксированном установочном угле θ его значение должно приниматься в пределах 55° - 85° .

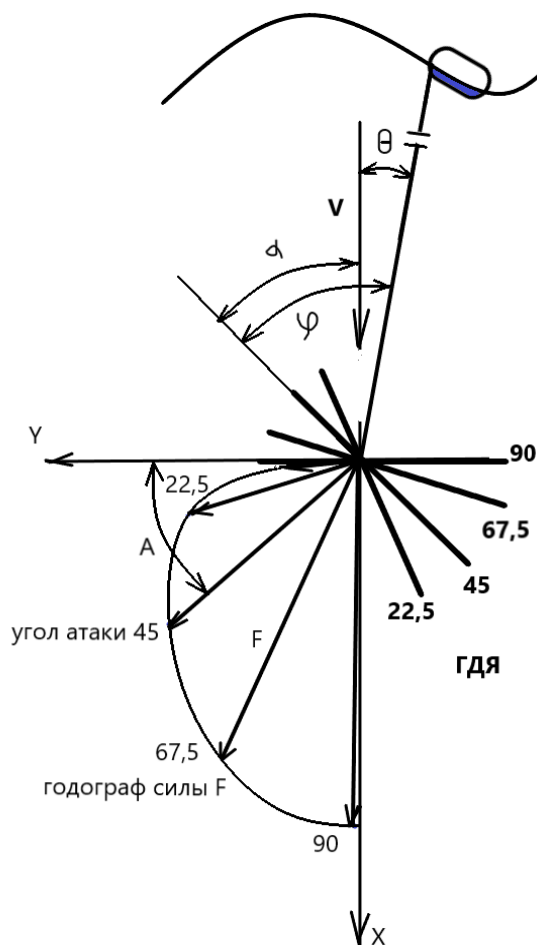


Рисунок 6 – Годограф гидродинамической силы F в начальный момент фазы подъёма плота на переднем склоне волны

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидродинамический якорь / В.И.Сичкарёв, А.С.Черенович, В.В.Кузьмин // Патент на изобретение № 2751044. – Зарегистрирован в Государственном реестре изобретений РФ 07 июля 2021 г.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

гидродинамический якорь, крыло в потоке постоянной скорости, компьютерное моделирование, составляющие гидродинамических сил, оптимальный угол атаки, установочный угол гидродинамического якоря.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Сичкарёв Виктор Иванович, доктор техн. наук ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Хохряков Андрей Николаевич, аспирант ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Покалюхин Юрий Сергеевич, инженер САДФЕМ
Бабенко Артём Васильевич, инженер САДФЕМ

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

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

REFERENCES

1. Hydrodynamic anchor / V.I.Sichkarev, A.S.Cherenovich, V.V.Kuzmin // Patent for invention No. 2751044. – Registered in the State Register of Inventions of the Russian Federation on July 07, 2021

ОБЗОР ПРОЕКТА БУЯ ПО СБОРУ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА БАЗЕ МИКРОПРОЦЕССОРОВ «ARDUINO»

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

А.А. Приваленко, И.Ю. Линевиц

OVERVIEW OF DATA COLLECTION BUOY PROJECT USING A RADIO ENGINEERING COMPLEX BASED ON MICROPROCESSORS

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

A.A. Privalenko (Assoc. Prof. of SSUWT)

I.Y. Linevich (Senior Lecturer of SSUWT)

ABSTRACT: The available microelectronics environment, as well as the compatibility of the Arduino software with navigation equipment, opens up opportunities for creating professional systems for monitoring hydrometeorological conditions.

Keywords: buoy, "Arduino", project, program code, hydrometeorology, weather data analysis.

Доступная среда микроэлектроники, а также совместимость программного обеспечения «Arduino» с навигационным оборудованием открывает возможности для создания профессиональных систем мониторинга гидрометеорологических условий.

В данной статье представлен проект для измерения гидрометеорологических данных в виде радиотехнического комплекса на базе микропроцессоров «Arduino».

Цель проекта – создание буя, не требующего серьезных денежных вложений при массовом производстве, с возможностью сбора и анализа гидрометеорологических данных. Точная и оперативная информация о погодных условиях, собираемая в реальном времени, позволяет своевременно реагировать судоводителю на изменения погоды и выбрать безопасный маршрут [1],[4].

Для создания радиотехнического комплекса (буя) был определен необходимый перечень критериев, с учетом специфики среды [3], в которой будет использоваться буй:

- Нулевая плавучесть – буй будет фиксировать и измерять показатели с поверхности воды, а для этого необходимо непосредственное пребывание буя на водной глади в течение длительного времени.
- Остойчивость – позволит бую противостоять внешним воздействиям и возвращаться в исходное положение.
- Компактность – позволит свободно транспортировать и устанавливать буй, практически в любой точке водной поверхности.
- Водонепроницаемость – в корпус буя устанавливается микроэлектроника, которая не работает при попадании влаги.
- Возможность производить необходимые измерения при непосредственном соприкосновении с окружающей средой [2]. Планируется производить замеры температуры воды и воздуха, измерять влажность и давление, определять географическое место положения буя, уровень высоты над уровнем моря, скорость и направления течения, направление и силу ветра, параметры волнения.
- Возможность передачи измеренных данных оператору удаленно через SMS.
- Наличие источника питания или комплекса для автономного питания, что позволит работать бую длительное время.

Выбор радиотехнических средств для измерения необходимых параметров основан на широком сегменте микропроцессоров и датчиков «Arduino».

В качестве основной платы была выбрана – «Arduino Mega 2560 R3» и программируемый контроллер на базе «ATmega 2560». Платформа содержит 54 цифровых входа\выхода (14 из которых могут использоваться как выходы широтно-импульсной модуляции), 16 аналоговых входов, 4 последовательных порта универсального асинхронного приёмопередатчика, кварцевый генератор 16 МГц, разъем «USB», силовой разъем, разъем «ICSP» и кнопку перезагрузки [5].

Для работы платы необходимо питание при помощи адаптера «AC/DC», или аккумуляторной батареи. «Arduino Mega 2560» совместима со всеми платами расширения для пода-

чи питания, разработанными для платформ «Duemilanove» или «Diecimila».

Для определения местоположения буя и его высоты над уровнем моря выбрана плата - приёмник сигналов «GPS/GLONASS» с выносной антенной. Внешняя антенна подключается к модулю трёхметровым проводом и крепится встроенным магнитом на любую металлическую поверхность. Предполагается, что радиотехнический комплекс будет расположен в герметичном корпусе вместе с GPS-трекером, а антенна будет выведена наружу, для уверенного приёма спутникового сигнала.

Передачу данных обеспечит «GPRS Shield» - один из самых простых способов взаимодействия со своим устройством, даже если оно находится на большом расстоянии от оператора. Главным условием является наличие сотовой связи. Плата позволит через SMS отправлять команды на устройство, запрашивать состояние или получать уведомления от него. Также становится доступным запуск IVR-сценариев, выход в интернет, ведение протоколов данных.

Цифровой датчик давления фиксирует атмосферное давление и высоту над уровнем моря, а встроенный термометр измеряет забортную температуру воздуха. Для этих целей был выбран датчик температуры и влажности «SHT3-1», который разработан с использованием технологии «CMOSens» компанией «Sensirion». Чип хорошо откалиброван, линеаризован и компенсирован для цифрового выхода. Точность этого модуля составляет $\pm 2\%$ RH (для относительной влажности) и ± 0.3 °C (для температуры). Модуль осуществляет связь с последовательной шиной «I2C» и может работать со скоростью до 1 МГц.

Для отслеживания малейших угловых движений и для коррекции курса подключен гироскоп в виде модуля. Он определяет угловую скорость вокруг собственных осей X, Y и Z. Модуль разработан на основе МЭМС-датчика «I3G4250D» компанией «STMicroelectronics». Трёхосевой гироскоп измеряет угловую скорость до 2000 градусов в секунду. При этом доступны режимы измерения до 250 и 500 град/сек с повышенной точностью.

Для определения сторон света служит модуль «Grove 3-Axis Digital Compass V2» представляющий собой цифровой компас на основе чипа «Bosch BMM150». Он позволяет измерять напряжённость магнитного поля в трех перпендикулярных осях, а выход можно считывать через «I2C» и «SPI» интерфейс, что идеально подходит для 3-осевых мобильных приложений.

Для измерения температуры в диапазоне $-25...+125$ °C с точностью 0,1%, выбран датчик «SNS-TMP10K-1M», также планируется подключение и использование датчика температуры с «NTC» термистром 10K и «SNS-TMP-DS18B20-1M», и влагозащищенного датчика температуры «DS18B20» с интерфейсом «1-Wire».

Для определения скорости течения и силы ветра предлагается следующая конструкция. Двигатель постоянного тока преобразует электрическую энергию в механическую, тогда как генератор постоянного тока преобразует механическую энергию в электрическую. Таким образом, если электрическая энергия может вращать двигатель постоянного тока, то механическую энергию можно использовать для генерации электричества. Нам необходимо улавливать энергию ветра, чтобы вращать наш двигатель постоянного тока. В результате его вращения будет генерироваться электричество, величину которого мы можем измерить с помощью платы Arduino и преобразовать его в соответствующий масштаб [7].

Источником автономного питания предлагается выбрать «Power Bank» заряжаемый от USB-порта компьютера или зарядного устройства для смартфонов. Для зарядки не потребуется изымать «Power Bank» из собранного устройства, достаточно подключить кабель в зарядный разъём «micro-USB».

Пауэрбанк выполнен в форм-факторе «Zelo» модуля, а значит он надёжно крепится винтами через специальные проушины и не будет создавать люфт в корпусе устройства. В модуль также встроена защита от перегрузки то есть, если ток превысит 600 мА, сработает контур предохранителя и устройство выключится. Это позволяет избежать чрезмерного перегрева и повреждения аккумулятора.

Прототипом корпуса буга стал Аварийный радиобуй «Jotron Tron 60S/GPS» (рисунок 1 и рисунок 2). Используя обтекаемую форму и размеры прототипа, в системе трехмерного моделирования «КОМПАС-3D» была создана полая 3D модель буга, которую возможно напечатать на 3D принтере.

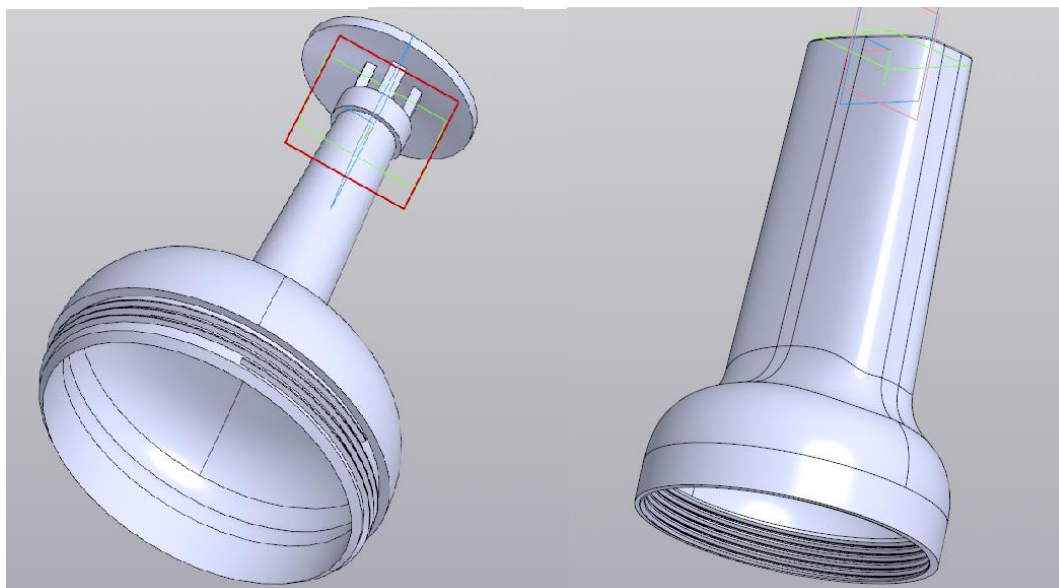


Рисунок 1 – Проект буга

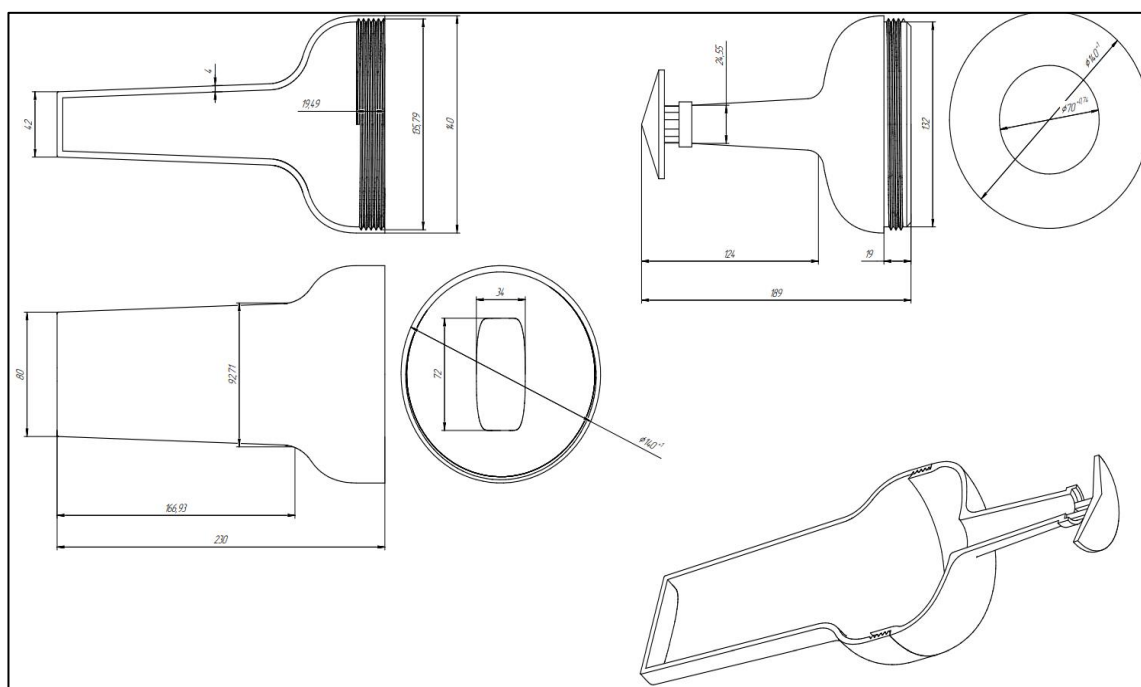


Рисунок 2 – Проект буга (схема)

Общая блок-схема комплекса мониторинга и передачи данных представлена на рисунке 3.

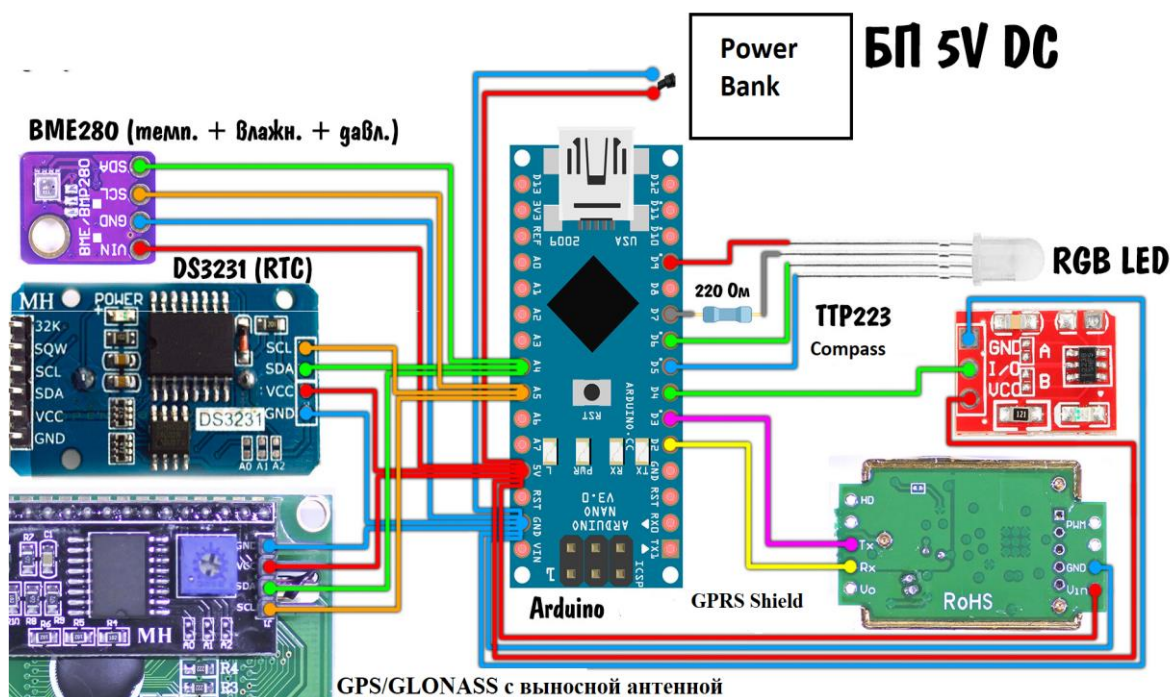


Рисунок 3 – Общая блок-схема

Протокол и сценарий программы достаточно объемный. Предлагается пример Скретча - сценария программы (рисунок 4) для подключения к процессору датчика давления [6].

```

if(!bmp.begin()) {
  Serial.println("Could not find a valid BMP280 sensor, check wiring!");
  while(1);
}

begin() вернет True, если датчик был найден, и False, если нет. В случае с False, проверьте
соединение датчика с платой Arduino.

bmp.readTemperature(); // Температура в градусах Цельсия.
bmp.readPressure(); // Атмосферное давление в Па
#include <Adafruit_BMP280.h>
Adafruit_BMP280 bmp280;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println(F("BMP280"));
  while (!bmp280.begin(BMP280_ADDRESS - 1)) {
    Serial.println(E("Could not find a valid BMP280 sensor, check wiring!"));
    delay(2000);
  }
}

void loop() {
  float temperature = bmp280.readTemperature();
  float pressure = bmp280.readPressure();
  float altitude = bmp280.readAltitude(1013.25);
  Serial.print(E("Temperature = "));
  Serial.print(temperature);
  Serial.println(" *C");
  Serial.print(E("Pressure = "));
  Serial.print(pressure);
  Serial.println(" Pa");
  Serial.print(E("Altitude = "));
  Serial.print(altitude);
  Serial.println(" m");
  Serial.println();
  delay(2000);
}

```

Рисунок 4 – Скретч программы

Проект даст возможность изучать в активном режиме гидрометеорологическую обстановку, предоставит возможность получить фактические данные, что позволит определить ситуацию и построить прогноз. Сам ресурс комплекса позволит не ограничиваться указанным сектором датчиков, а расширить его сегментарную составляющую.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрометеорологическое Обеспечение Мореплавания: учеб. Пособие / Глухов В.Г., Гордиенко А.И., Шаронов А.Ю., Шматков В.А. ; Санкт-Петербург; ГМА им. адм. С.О. Макарова, 2014. 406с, ISBN:978-5-4386-0319-1 – Текст: непосредственный.
2. Практическая метеорология (Practical meteorology): учеб. пособие / Шевелев В.Я.; Новороссийск ГМА им. Адм. Ф.Ф. Ушакова 2015. 157с, ISBN: 2227-8397 - Текст: непосредственный.
3. Hazard Map to Supplement 'Capt.'s DOSCA' Optimum Ship Routing System - MOL Starts Initiative to Develop Enhanced Operational Support Tool, Aiming at a New Level of Safety, 2017 [электронный ресурс] // <https://www.mol.co.jp/en/pr/2017/17033.html> [Accessed: 25- May - 2017].
4. Impacts Of Weather On The Transportation Of Goods And Packages, 2019 [электронный ресурс] // <https://www.forbes.com/sites/jimfoerster/2019/06/21/impacts-of-weather-on-the-transportation-of-goods-and-packages/?sh=1d0b6a7d3fe0> [Accessed: 21- Jun - 2019].
5. Проекты с использованием контроллера Arduino: 4-е изд., перераб. и доп. / Петин В. А. Санкт-Петербург, 2021. 560 с.: ISBN 978-5-9775-6711-4 Текст: непосредственный.
6. Программируем Arduino. Профессиональная работа со скетчами / Петин В. А. Подробнее: <https://www.labirint.ru/books/562610/?ysclid=I9rzbl6uba669675554> Санкт-Петербург, 2017. 272 с.: ISBN 978-5-496-02385-6 Текст: непосредственный.
7. DIY Space Exploration, 'ArduSat - Your Personal Satellite Built on Arduino', 2013. [электронный ресурс]// URL: <http://www.diyspaceexploration.com/ardusat-your-personal-satellite>

REFERENCES

1. Hydrometeorological Support of Navigation: textbook. Manual / Glukhov V.G., Gordienko A.I., Sharonov A.Yu., Shmatkov V.A. ; St. Petersburg; GMA them. adm. S.O. Makarova, 2014. 406s, ISBN: 978-5-4386-0319-1 - Text: direct.
2. Practical meteorology (Practical meteorology): textbook. allowance / Shevelev V.Ya.; Novorossiysk State Medical Academy im. Adm. F.F. Ushakova 2015. 157c, ISBN: 2227-8397 - Text: direct.
3. Hazard Map to Supplement 'Capt.'s DOSCA' Optimum Ship Routing System - MOL Starts Initiative to Develop Enhanced Operational Support Tool, Aiming at a New Level of Safety, 2017 [electronic resource] // <https://www.mol.co.jp/en/pr/2017/17033.html> [Accessed: May 25, 2017].
4. Impacts Of Weather On The Transportation Of Goods And Packages, 2019 [electronic resource] // <https://www.forbes.com/sites/jimfoerster/2019/06/21/impacts-of-weather-on-the-transportation-of-goods-and-packages/?sh=1d0b6a7d3fe0> [Accessed: 21- Jun - 2019].
5. Projects using the Arduino controller: 4th ed., Revised. and additional / Petin V. A. St. Petersburg, 2021. 560 p.: ISBN 978-5-9775-6711-4 Text: direct.
6. Program the Arduino. Professional work with sketches / Petin V.A. More details: <https://www.labirint.ru/books/562610/?ysclid=I9rzbl6uba669675554> St. Petersburg, 2017. 272 pp.: ISBN 978-5-496-02385-6 Text: direct.
7. DIY Space Exploration, 'ArduSat - Your Personal Satellite Built on Arduino', 2013. [electronic resource]// URL: <http://www.diyspaceexploration.com/ardusat-your-personal-satellite>

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:*буй, «Arduino», проект, программный код, гидрометеорология, анализ данных погодных условий***СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:***Приваленко Алексей Александрович, доцент, ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Линевич Игорь Юрьевич, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»
630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»***ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:**

ИССЛЕДОВАНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ ПРУЖИНЫ: МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водногортранспорта»

ГАПОУ СПО НСО «Новосибирский колледж пищевой промышленности и переработки»

«Новосибирский технический колледж им. А.И. Покрышкина»

В.В. Загоровский, М.К. Романченко, А.М. Романченко

INVESTIGATION OF THE NATURAL FREQUENCIES OF THE SPRING: MATHEMATICAL MODELING

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

GAPOU SPO NSO "Novosibirsk College of Food Industry and Processing", 630032, Novosibirsk, Planning str., 7/2

«Novosibirsk Technical College named after A.I. Pokryshkin», 630108, Novosibirsk, Station str., 30

V.V. Zagorovsky (Ph.D. of Technical Sciences, Head of the Department of T and PM of SSUWT)

M.K. Romanchenko (Ph.D. of Technical Sciences Director of GAPOU SPO NSO "NCP and P")

A.M. Romanchenko (Lecturer of Novosibirsk Technical College named after A.I. Pokryshkin)

ABSTRACT: Results of researches of own frequencies of a cylindrical spring are considered. The spring model was considered, how model of an equivalent girder. Own frequency of the first tone was defined under the Rayleigh method.

Keywords: Model, frequency, method.

Рассмотрены результаты исследований собственных частот цилиндрической пружины. Модель пружины рассматривалась, как модель эквивалентного бруса. Собственная частота первого тона определялась по методу Рэлея.

Проводимые исследования винтовой пружины позволяют в широких пределах управлять параметрами жесткости, устойчивости и собственной частоты витков [1,2]. Более подробно остановимся на вычислении собственных частот пружин. Эту частоту принято называть первой или первым тоном. Первый тон самый низкий и наиболее точно воспроизводимый в эксперименте. Отметим резкую зависимость частоты от длины балки, что позволяет эффективно уходить от резонансов, например, при проектировании судов.

Исследования проводились в лаборатории кафедры «Т и ПМ» Сибирского государственного университета водного транспорта.

Предполагаем, что спектр частот источника вибрации содержит такие составляющие, приводящие к появлению колебаний внутри пружины. Это приводит к рассеиванию энергии за счет внешнего трения о воздух и внутреннего трения в материале упругого элемента [1].

Оборудование использованное в ходе эксперимента включает вибростол (габаритные размеры вибростенда, мм) длина, ширина, высота: 180x170x170. Для измерения амплитуды используется стробоскоп СБ-3 с диапазоном границ: от 0 до 600 мкм; от 0 до 3000 мкм. Для задания частоты колебаний применяется генератор синусоидальных колебаний с диапазоном изменяемых частот: от 2_{-0,2} до 2000⁺²⁰⁰. Для регистрации частоты колебаний виброметр ВВВ-302 с диапазоном рабочих частот вибропреобразователя: 20-2500 Гц с нормированной погрешностью; 1-10 000 Гц с ненормированной погрешностью.

В качестве образцов для испытания использовались цилиндрические пружины с одинаковым внешним диаметром и диаметром проволоки, но с разным числом витков. Средний диаметр пружин – 7,88 мм, диаметр проволоки 0,78 мм.

Пружина закреплялась концами к стойкам, с помощью генератора задавались синусоидальные колебания и визуально определялись собственные частоты. Схема закрепления исследуемых пружин приведена на рис.1.

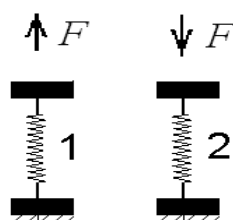


Рис. 1 Схема закрепления пружины

Модель пружины содержит эквивалентный брус, шарнирно закрепленный по концам. Заменяем пружину однородным брусом. При изгибе ненагруженного продольной силой бруса его можно считать классической балкой [2].

В соответствии с методом Рэлея собственная частота определяется по формуле

$$\lambda = \sqrt{\frac{EA\pi^2}{ml^2}}, \quad (1)$$

где $C=EA$ – жесткость;
 m – масса длины балки;
 l – длина балки.

Отношение жесткостей при растянутых и сжатых пружинах пропорционально квадратам собственных частот.

$$\frac{\tilde{N}_N}{\tilde{N}_D} = \frac{\omega_N^2}{\omega_D^2} = 0,72 \quad (2)$$

Параметры эквивалентного бруса винтовой пружины равного шага и диаметра витков определим как для однородного изотропного материала

$$\begin{aligned} E &= \frac{\delta}{\varepsilon}; \\ \varepsilon &= \frac{\Delta}{H}; \\ \delta &= \frac{4 \cdot C \cdot \Delta}{\pi \cdot D^2}, \end{aligned} \quad (3)$$

где $E = \frac{4C \cdot H}{\pi \cdot D^2}$ – модуль упругости эквивалентного бруса;

H – высота пружины;
 δ – напряжение;
 ε – упругая деформация;
 Δ – критическая деформация;
 D – средний диаметр пружины.

Жесткость пружины рассчитываем как:

$$C = \frac{G \cdot d^4}{8D^3 \cdot n}, \quad (4)$$

где d – диаметр витка;
 n – число витков
 G – модуль сдвига.

Определяем формулу для расчета собственной частоты.

$$\delta = \frac{F}{A}; \quad F = C \cdot \Delta; \quad \varepsilon = \frac{\Delta}{l}. \quad (5)$$

Нормальное напряжение, учитывая (5)

$$\delta = \frac{C \cdot \Delta}{\varepsilon} = \frac{C \cdot \varepsilon \cdot l}{A}. \quad (6)$$

Используя формулу (3), модуль упругости равен

$$E = \frac{C \cdot \varepsilon \cdot l}{A \cdot \varepsilon} = \frac{C \cdot l}{A}. \quad (7)$$

Предположительно собственная частота пружины равна

$$\lambda = \sqrt{\frac{C \cdot l \cdot A \cdot \pi^2}{A \cdot m \cdot l^2}} = \sqrt{\frac{C \cdot \pi^2}{m \cdot l}}. \quad (8)$$

Масса пружины

$$m = \rho \cdot \pi \cdot D \cdot n \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (9)$$

где ρ – плотность.

Учитывая значение жесткости (4), массы на один метр длины получим

$$\lambda = \sqrt{\frac{G \cdot d^4 \cdot \pi^2}{8D^3 \cdot m \cdot l}} = \sqrt{\frac{G \cdot d^2}{2D^4 \cdot \rho \cdot n^2}} \quad (10)$$

Расчетные значения собственной частоты по формуле (10) представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Собственные частоты винтовых пружин (расчетные)

Пружина	№1 n= 113 витков	№2 n=72 витка	№3 n=55 витков
Расчетные собственные частоты (первый тон), Гц	29,1	45,7	59,8

Расхождение между расчетом и экспериментом равно

$$\varepsilon = \frac{|c - c_{\text{эксп.}}|}{c} \times 100\%, \quad (11)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{|29,1 - 20|}{29,1} \times 100\% = 31,2\%;$$

$$\varepsilon_2 = \frac{|45,7 - 47,8|}{45,7} \times 100\% = 4,6\%;$$

$$\varepsilon_3 = \frac{|59,8 - 44,8|}{59,8} \times 100\% = 25\%$$

Наименьшая погрешность около 5%, что в пределах допустимого, у пружины с числом витков 72.







Расчетные значения собственной частоты сжатой пружины определяются из соотношения (2) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Собственные частоты сжатой пружины (расчетные)

Пружина	№1 n=113 витков	№2 n=72 витка	№3 n=55 витков
Расчетные собственные частоты (первый тон), Гц	40,4	63,5	83,1

В ходе эксперимента также отмечено: у пружины №1 при частоте колебаний 49 Гц наблюдалось двухузловая форма колебаний, при 89,8 Гц три узла. Экспериментальные данные представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Собственные частоты винтовых пружин (экспериментальные)

Пружина	1 узла	2 узла	3 узла
Экспериментальные собственные частоты, Гц	29,1	48,8	89,8
Экспериментальные собственные частоты, Гц			
			

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барановский А.М. Уравновешивание и виброзащита механизмов. – Новосибирск: НГАВТ, 2006.
2. Зув 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:

Модель, частота, метод

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Загоровский Владимир Викторович, кандидат техн. наук, зав. кафедрой Т и ПМ ФГБОУ ВО «СГУВТ»

Романченко Михаил Константинович, кандидат техн. наук, директор ГАПОУ СПО НСО «НКПП и П»

Романченко Анатолий Михайлович, преподаватель «Новосибирский технический колледж им. А.И. Покрышкина»

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

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

630032, г. Новосибирск, ул. Планировочная, 7/2, ГАПОУ СПО НСО «Новосибирский колледж пищевой промышленности и переработки»,

630108, г. Новосибирск, ул. Станционная, 30, «Новосибирский технический колледж им. А.И. Покрышкина»

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДИЗЕЛЯ НА СУДОВОМ МАЛОВЯЗКОМ ТОПЛИВЕ, ОБРАБОТАННОМ ВЫСОКОВОЛЬТНЫМ ЗАРЯДОМ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

Е.С. Губин, Г.С. Юр

RESEARCH OF THE WORKING PROCESS OF A DIESEL ON MARINE LOW-VISCOSITY FUEL PROCESSED WITH A HIGH-VOLTAGE CHARGE

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

E.S. Gubin (Senior Lecturer of SSUWT)

G.S. Yur (Doctor of Technical Sciences, Prof. of SSUWT)

ABSTRACT: Maritime transport is one of the most important components of social and economic development, absorbing a significant amount of resources and having a serious impact on the natural environment. At present, the priority direction of the development of the world diesel industry is to ensure the International requirements for environmental safety, which must be met even to the detriment of fuel efficiency. The article proposes pre-treatment of low-quality low-viscosity marine fuel to improve its energy and environmental performance.

Keywords: Homogenization, screw characteristics, marine vessels, low-viscosity marine fuel, cavitation, electric charge.

Морской транспорт - один из важнейших компонентов общественного и экономического развития, поглощающий значительное количество ресурсов и оказывающий серьезное влияние на природную среду. В настоящее время, приоритетным направлением развития мирового дизелестроения является обеспечение Международных требований экологической безопасности, которые необходимо выполнять даже в ущерб топливной экономичности. В статье предложена предварительная обработка низкокачественного судового маловязкого топлива для улучшения его энергетических и экологических показателей.

Основными направлениями развития мирового дизелестроения являются [1,4]:

- повышение мощности, обеспечение надежности в течение всего периода эксплуатации;
- уменьшение удельного расхода топлива и масла, массы и габаритов;
- обеспечение экологической безопасности в процессе эксплуатации.

На речном флоте широкое распространение получили относительно дешёвые низкокачественные топлива, обозначаемое как судовое маловязкое топливо (СМТ). Судовые маловязкие топлива отличаются от дизельных дистиллятных топлив повышенной вязкостью, содержат повышенное количество парафинов, асфальтенов и смол. Наличие высокомолекулярных соединений требует дополнительных финансовых вложений для предварительной подготовки топлив и для дополнительного технического обслуживания механизмов. Наличие примесей утяжелённого фракционного состава затрудняет хранение, транспортировку и применение судовых маловязких топлив [2,3]

Повышенная плотность, вязкость, наличие высокомолекулярных асфальтосмолистых соединений, увеличивает продолжительность и неполноту сгорания. В итоге повышается удельный расход топлива, дымность и концентрация газообразных загрязняющих веществ в выхлопных газах дизелей.

Для комплексного улучшения энергетических и экологических характеристик судовых дизелей при переводе их на низкокачественные топлива утяжелённого фракционного состава, типа СМТ, необходимо использовать различные способы топливоподготовки, направленные на разрушение высокомолекулярных асфальто-смолистых соединений. Было предложено осуществлять его предварительную обработку в специальных устройствах, которые принято называть гомогенизаторами [6].

Для повышения эксплуатационных свойств СМТ необходимо измельчить (диспергировать) находящиеся в нем высокомолекулярные углеводородные соединения, и в дальнейшем, предотвратить процесс их коагуляции.

Для диспергирования высокомолекулярных соединений, содержащихся в судовом маловязком топливе, предлагается использовать процесс кавитации, формирующий в рабочей жидкости, в области пониженного давления пузырьки, заполненные паром, газом или их смесью [5].

Для обработки судового маловязкого топлива в лаборатории судовых двигателей

внутреннего сгорания ФГБОУ ВО «СГУВТ» была спроектирована и изготовлена специальная экспериментальная установка, в которой реализованы следующие технологические процессы:

- 1 Механическое диспергирование;
- 2 Кавитационная обработка в магнитно-сопловом аппарате;
- 3 Обработка высоковольтным электрическим зарядом;
- 4 Многократная циркуляция модифицированного топлива в расходной цистерне.

Судовое маловязкое топливо из расходного бака сначала обрабатывалось в механическом диспергаторе, затем подавалось в магнитно-сопловый аппарат, где происходило его распыливание и под действием высоковольтного электрического заряда происходило разрушение капель.

Электрический заряд на поверхность капель топлива наносился в двух стадиях. На первой стадии капли топлива заряжались в процессе распыливания и при прохождении между стенками диэлектрика. На второй стадии на капли топлива, при помощи специального устройства – высоковольтного источника напряжения наносился электрический заряд.

Под действием электрического поля размеры капли увеличиваются, в результате чего преодолеваются силы поверхностного натяжения на поверхности капли, и она распадается на мелкие частицы [7].

Эффективность процесса генерации заряда капли, характеризуется такими интегральными показателями, как удельный электрический заряд. Именно наличие электрического заряда на каплях топлива является тем фактором, который способен улучшить экономические и экологические свойства топлива.

На рисунке 1 изображён общий вид экспериментальной установки для получения модифицированного СМТ



Рисунок 1 – Экспериментальная установка для обработки судового маловязкого топлива с использованием кавитации и высоковольтного электрического заряда

Сравнительные исследования рабочего процесса судового двигателя при переводе его с дистиллятного дизельного на судовое маловязкое топливо (СМТ) и на модифицированное СМТ, подвергнутое обработке кавитацией и высоковольтным электрическим зарядом, были выполнены в лаборатории судовых двигателей внутреннего сгорания на специально изготовленном моторном нагрузочном стенде.

Для этого серийный двигатель 2Ч10,5/12 был переоборудован в одноцилиндровый отсек. Дизели такой размерности выпускаются на Ярославском моторном заводе и устанавливаются на обстановочных речных судах.

При отключении цилиндра значительно возросли механические потери, поэтому, в качестве основы были приняты индикаторные показатели. Индикаторная мощность

рассчитывалась по площади свёрнутой индикаторной диаграммы.

На рисунке 2 приведены винтовые характеристики двигателя Ч 10,5/12 при работе на дистиллятном дизельном, на базовом судовом маловязком и модифицированном судовом маловязком топливах:

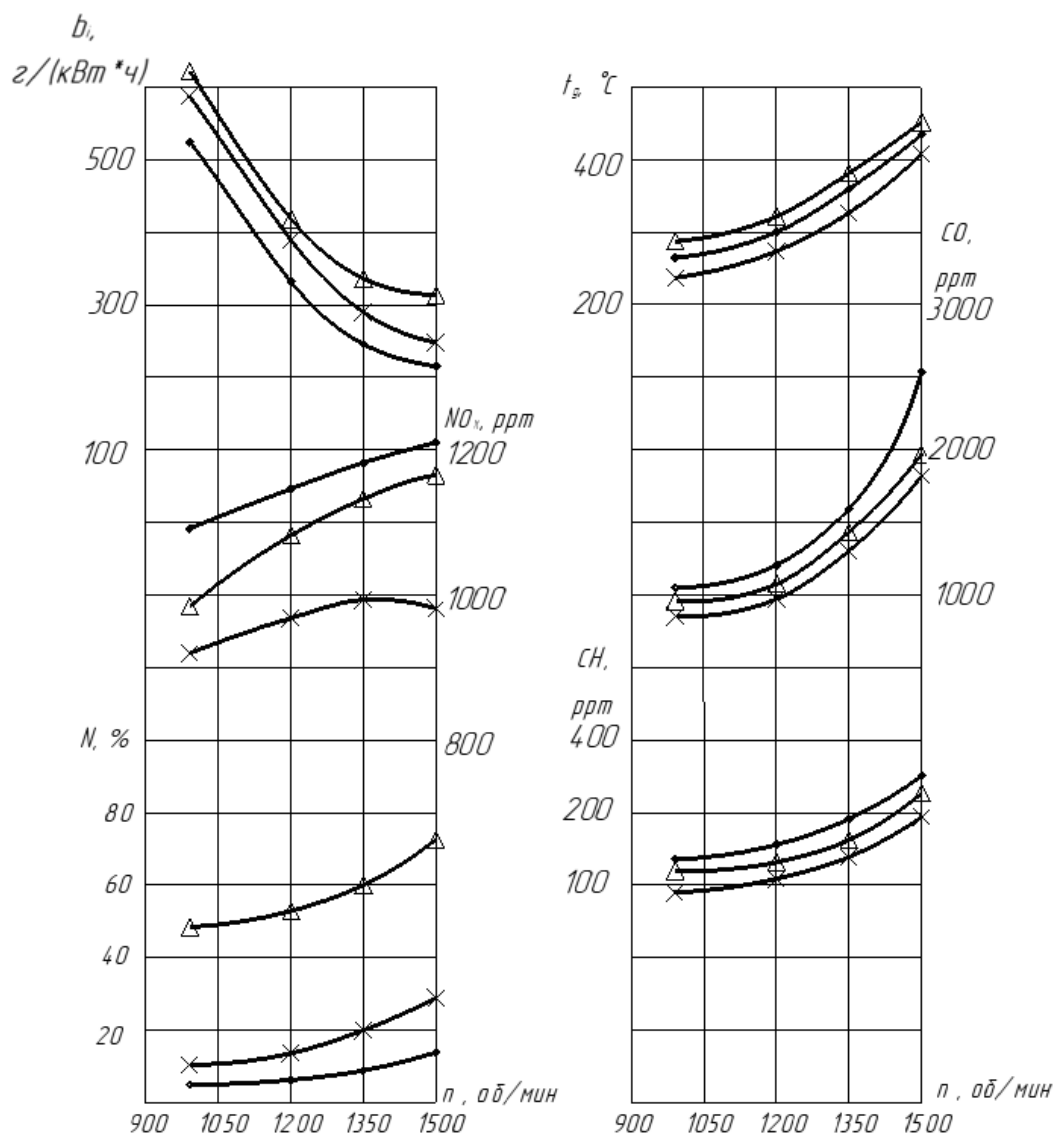


Рисунок 2 – Винтовые характеристики дизеля Ч 10,5/12

Здесь приняты следующие обозначения:

- – дизельное топливо,
- Δ – судовое маловязкое топливо (СМТ),
- X – судовое маловязкое модифицированное топливо (СМТ MOD +EL).
- b_i – удельный индикаторный расход топлива, г/(кВт·ч);
- NO_x – концентрация оксидов азота, ppm;
- N – дымность отработавших газов по шкале Hartrige, %;
- t_g – температура отработавших газов, °C;
- CO – концентрация монооксида углерода, %;
- CH – концентрация суммарных углеводородов, %.

Из рисунка 2 видно, что, при переводе двигателя с дизельного топлива на судовое маловязкое отмечено увеличение удельного индикаторного расхода топлива на 12-14%, а на модифицированном СМТ на 26%.

Температура отработавших газов базовом СМТ повысилась на 10-15, на модифицированном СМТ на 0-5 градусов.

Концентрация монооксида углерода на базовом СМТ увеличилась на 15-20%, а

модифицированном СМТ уменьшилась на 5-10%.

Концентрация суммарных углеводородов уменьшилась на базовом СМТ на 8-10%, а на модифицированном СМТ на 12-15%. Количество оксидов азота на базовом СМТ уменьшилось на 6%, а при модифицированном СМТ на 10%. Дымность ОГ при работе на базовом СМТ увеличилось почти в 10 раз, а на модифицированном СМТ только в 2 раза.

Увеличение удельного эффективного расхода топлива, температуры отработавших газов и дымности при работе на СМТ объясняется регрессом процесса смесеобразования и сгорания в связи с повышением вязкости и увеличением содержания высокомолекулярных соединений, затягивающих процесс сгорания на линию расширения.

В процессе обработки судового маловязкого топлива высоковольтным электрическим зарядом произошло разрушение высокомолекулярных асфальто-смолистых образований, которые присутствуют в низкокачественных углеводородных топливах в виде пленок, желе и маэобразных сгущений. При разрушении этих соединений они впоследствии равномерно распределяются в топливной среде и свойства обработанного СМТ приблизились к свойствам дизельного топлива.

В результате выполненных научно-исследовательских работ можно сделать вывод, что при обработке судового маловязкого топлива при помощи кавитации и высоковольтного электрического заряда достигнуто комплексное улучшение энергетических и экологических характеристик судового дизеля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конкс, Г. А. Мировое судовое дизелестроение. Концепции конструирования, анализ международного опыта / Г. А. Конке, В. А. Лашко. – М.: Машиностроение. 2005. – 502 с. – Текст : непосредственный.
2. Мельник, Г. В. Вопросы экологии на конгрессе CIMAC – 2007 / Г. В. Мельник. – Текст : непосредственный // Двигателестроение. – 2007. – № 4. – С. 45-49.
3. Мельник, Г. В. Тенденции развития двигателестроения за рубежом. По материалам конгресса CIMAC-2010 / Г. В. Мельник – Текст : непосредственный // Двигателестроение. – № 2. 2012. – С.39–53.
4. Судовые технологии обеспечения экологической безопасности / С. В. Латухов, О. В. Соляков, В. А. Никитин, В. Н. Окунев, С. В. Титов, В. В. Якунчиков, И. М. Данцевич, Н. В. Першин. * СПб.: Морской технический колледж, 2019 –225 с.
5. Федоткин, И. М. Использование кавитации в технологических процессах / И. М. Федоткин, А. Ф. Немчин. – К.: Вишашк., 1984. – 68 с. – Текст : непосредственный.
6. Губин, Е. С. Результаты численного исследования динамики-развития электрически заряженного микропузырька, находящегося внутри капли топлива / Е. С. Губин, А. М. Барановский, Г. С. Юр – Текст : непосредственный // Морские Интеллектуальные технологии. Вып. 1 (51) т. 1 – СПб.: Изд-во НИЦ «МОРИНТЕХ». 2021. – С. 132–136.
7. Губин, Е.С. Исследование характеристик модифицированно-го дизельного топлива, полученного в результате кавитационной обработки / Е. С. Губин, И. В. Швецов, Г. С. Юр – Текст : непосредственный // Информационные технологии, системы и приборы в АПК и аграрной науке/ Агроинфо - 2021. Материалы 8-й Международной научно-практической конференции. Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, Сибирский физико-технический институт аграрных проблем, 2021. – С. 365–366

REFERENCES

1. Konks, G. A. World ship diesel industry. Design concepts, analysis of international experience / G. A. Konke, V. A. Lashko. – M.: Mashinostroenie. 2005. - 502 p. – Text : direct.
2. Melnik, G.V. Ecological issues at the CIMAC-2007 congress / G.V. Melnik. – Text: direct // Dvigatelistroyeniye. - 2007. - No. 4. - P. 45-49.
3. Melnik, G.V. Trends in the development of engine building abroad. Based on the materials of the CIMAC-2010 congress / GV Melnik - Text: direct // Dvigatelistroyeniye. – No. 2. 2012. – P.39–53.
4. Latukhov S. V., Solyakov O. V., Nikitin V. A., Okunev V. N., Titov S. V., Yakunchikov V. V., Dantsevich I. M., Dantsevich N. V. Pershin. * St. Petersburg: Marine Technical College, 2019 – 225 p.
5. Fedotkin, I. M. The use of cavitation in technological processes / I. M. Fedotkin, A. F. Nemchin. - K. : Vishashk., 1984. - 68 p. – Text : direct..
6. Gubin, E. S. Results of a numerical study of the dynamics-development of an electrically charged microbubble located inside a fuel drop / E. S. Gubin, A. M. Baranovsky, G. S. Yur – Text: direct // Marine Intelligent Technologies. Issue. 1 (51) v. 1 - St. Petersburg: Publishing House of the Research Center "MORINTEKH". 2021. - S. 132-136.
7. Gubin, E.S. Study of the characteristics of modified diesel fuel obtained as a result of cavitation treatment / E. S. Gubin, I. V. Shvetsov, G. S. Yur - Text: direct // Information technologies, systems and devices in the agro-industrial complex and agricultural science / Agroinfo - 2021. Proceedings of the 8th International Scientific and Practical Conference. Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Siberian Institute of Physics and Technology for Agrarian Problems, 2021. – P. 365–366.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Гомогенизация, винтовые характеристики, морские суда, судовое маловязкое топливо, кавитация, электрический заряд.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

*Губин Евгений Сергеевич, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Юр Геннадий Сергеевич, д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС:

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

ВЛИЯНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ НА РАБОТУ КРАНОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта»

В.А. Шарутина, А.А. Бутузов

THE EFFECT OF DAMAGE IN DISTRIBUTION ELECTRICAL NETWORKS ON THE OPERATION OF CRANE ELECTRIC MOTORS

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

V.A. Sharutina (Assoc. Prof. of SSUWT)

A.A. Butuzov (Master student of SSUWT)

ABSTRACT: Uninterrupted operation of transshipment equipment determines the efficiency of river ports. The main drive of the cranes are special AC electric motors that operate in a re-short-term mode. Any external disturbances in the distribution networks and the resulting interference and damage significantly increase the risk of failure of electric motors operating with a high load. This threatens high economy losses.

Keywords: Distribution networks, losses and damages, crane electric motors, repeated short-term operation, risk of failure

Бесперебойная работа перегрузочной техники определяет эффективность работы речных портов. Основной привод кранов – специальные электродвигатели переменного тока, которые работают в повторно-кратковременном режиме. Любые внешние возмущения в распределительных сетях и возникающие при этом помехи и повреждения существенно повышают риск выхода из строя электродвигателей, работающих с высокой нагрузкой. Это грозит высокими потерями.

Основные грузовые перевозки в районах Сибири осуществляются водным транспортом. Обеспечение бесперебойной работы грузоподъемных кранов является основной задачей эффективной работы речных портов в период навигации и в межнавигационный период.

В грузоподъемных машинах основной вид приводов – с электродвигателями переменного тока, которые получают питание непосредственно из распределительных сетей. Под воздействием различного вида внешних возмущений в распределительных сетях возникают помехи и повреждения, которые влияют на величины и характер их рабочих характеристик – напряжение и частота тока, вызывая нарушение работы электродвигателей.

Грузоподъемные краны характеризуются работой в повторно-кратковременном режиме, когда грузозахватное устройство совершает возвратно-поступательные и возвратно-вращательные движения, а механизмы последовательно реверсируются. Приводы работают с грузом и без него. Кроме периодов работы у механизмов есть и периоды пауз.

Каждый процесс движения можно разделить на периоды пуска и торможения (неустановившееся движение) и периоды установившегося движения с постоянной скоростью. Отношение времени включения t_e двигателя ко времени всего цикла $T_{ц}$ называется продолжительностью включения:

$$ПВ\% = \frac{t_e}{T_{ц}} \cdot 100\%. \quad (1)$$

Продолжительность работы ПВ% электрооборудования крана определяется для времени работы не более 10 минут, а для механизма – не более часа. Количество циклов работы крана в течении назначенного срока службы определяет класс использования. Работа механизмов с различными нагрузками и на холостом ходу характеризуется классом нагружения.

Комбинациями классов использования и классов нагружения определяются группы режимов работы кранов и крановых механизмов [3].

В грузоподъемных машинах устанавливают специальные крановые электродвигатели, отличающиеся повышенной перегрузочной способностью и надежностью работы при частых пусках и остановках.

Перегрузочная способность оценивается коэффициентом:

$$\varphi = \frac{M_n}{M_m} = 2,5 \dots 3,4, \quad (2)$$

где M_n и M_m – собственно номинальный и максимальный моменты развиваемые двигателем.

Применяются крановые электродвигатели с фазными, реже с короткозамкнутыми роторами. При выборе электродвигателя учитываются их пуско-регулирующие свойства, то есть возможность разгона по требуемому закону, изменения частоты вращения при различных нагрузках, легкость реверсирования.

Асинхронные короткозамкнутые двигатели применяются в приводах лебедок, талей, легких кранах, подъемниках. Все это оборудование работает с малым числом включений и не требует регулирования скорости. Механическая характеристика короткозамкнутого двигателя на участке рабочих частот вращения весьма жесткая (рисунок 1). Частоту вращения можно регулировать, меняя число пар полюсов. Такие двигатели называются многоскоростными.

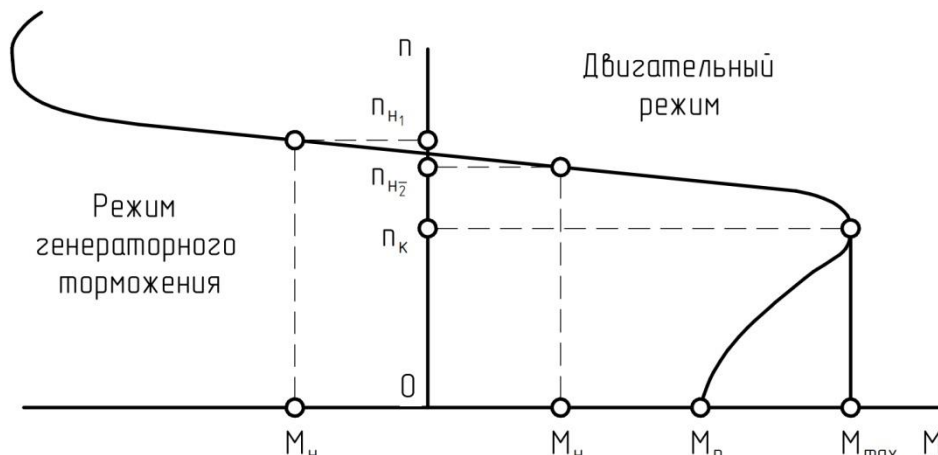


Рисунок 1 – Механическая характеристика двигателя с короткозамкнутым ротором

Асинхронный электродвигатель с фазным ротором в отличие от короткозамкнутого позволяет регулировать частоту вращения изменением сопротивления в цепи ротора (рисунок 2). С увеличением сопротивления цепи ротора частота вращения уменьшается, что показано пунктирными линиями. Переход с одной ступени на другую производится вручную или автоматически.

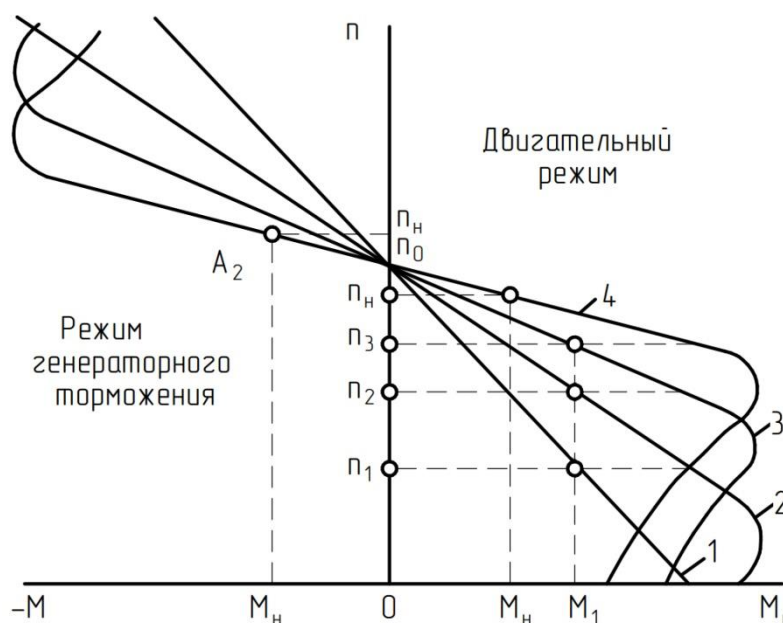


Рисунок 2 – Регулирование частоты вращения двигателя с фазным ротором

При работе двигателя с пониженной частотой вращения потребляемая из сети мощность равна номинальной, а затрачиваемая на полезную работу пропорциональна частоте вращения. Разница между потребляемой из сети и мощностью на валу двигателя поглощается роторным реостатом, что приводит к его сильному нагреву. Поэтому работа двигателя с фазным ротором на пониженных частотах очень неэкономична [2]. Также неэкономичен режим торможения двигателя противовключением, что широко используется в механизмах по-

ворота, передвижения и при опускании груза. Двигателя с фазным ротором устанавливаются на всех механизмах крана.

Помехи в линиях электропередачи возникают по разным причинам. Изменение температуры окружающего воздуха непосредственно влияет на сопротивление проводов, соответственно уменьшая или увеличивая напряжение линии. Грозовые дожди вызывают импульсные напряжения в сети, приводящие к пробоям изоляции. Нарушение баланса мощности, а именно снижение генерации (уменьшение частоты сети), приводит к снижению скорости вращения асинхронных двигателей и, соответственно, уменьшению их производительности [1].

Значительное снижение напряжения питания крановых двигателей может привести к их опрокидыванию, что при работе с грузами на высоте категорически недопустимо.

В электрических распределительных сетях распространены однофазные короткие замыкания, величины тока которых составляют 1-2 ампера, чего в большинстве случаев недостаточно для срабатывания релейной автоматики. В результате продолжительная работа сети с однофазным замыканием ведет к возможному двухфазному замыканию, двойному замыканию, повреждению изоляции, нарушению симметрии сети, нарушению работы электрических асинхронных машин (а следует помнить, что крановые двигатели работают в повторно-кратковременном режиме, что уже оказывает значительную нагрузку на электродвигатель) и в следствии потери электроэнергии и уменьшения срока службы машин.

Максимальный электромагнитный момент прямо пропорционален квадрату напряжения в обмотке статора и приблизительно обратно пропорционален квадрату частоты.

Мощность, потребляемая электрическими двигателями крановых механизмов постоянна только при постоянной нагрузке. При различных группах режимов работы механизмов нагрузка меняется весьма значительно.

При изменении частоты в сети на 10% частота вращения ротора меняется на 9,8%, что приводит к снижению силовых параметров приводов механизмов. Изменение нагрузки на приводной двигатель приводит к дополнительному нагреву обмоток ротора, к снижению срока службы изоляции. Для снижения риска выхода из строя электродвигателя приходится снижать его нагрузку.

Большинство электродвигателей грузовых кранов работает в период навигации в весьма тяжелых режимах при переработке как навалочных, так и штучных грузов. Эти машины оснащаются автоматическими грузозахватными устройствами, собственная масса которых составляет 25% ... 50% грузоподъемности крана. То есть электродвигатели постоянно работают под нагрузкой, а в период запуска с перегрузкой.

Помехи и повреждения в распределительных электрических сетях значительно увеличивают риск отказов перегрузочной техники. Отказы перегрузочных кранов приводят к большим потерям в период навигации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полищук В. И. Общая энергетика: учебное пособие / В.И. Полищук. – Москва: ИНФРА-М, 2022. – 208 с.
2. Новиков, Г. В. Частотное управление асинхронными электродвигателями / Г. В. Новиков. – 2-е изд. – Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. – 498 с.
3. ГОСТ 34017-2016 Краны грузоподъемные. Классификация режимов работы. – Москва: Стандартинформ, 2017. – 17 с.

REFERENCES

1. Polishchuk V. I. General power engineering: a textbook / V.I. Polishchuk. – Moscow: INFRA-M, 2022. – 208 p.
2. Novikov, G. V. Frequency control of asynchronous electric motors / G. V. Novikov. – 2nd ed. - Moscow: Publishing House of Bauman Moscow State Technical University, 2018. – 498 p.
3. GOST 34017-2016 Lifting cranes. Classification of operating modes. – Moscow: Standartinform, 2017. – 17 p.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *распределительные сети, потери и повреждения, крановые электродвигатели, повторно-кратковременный режим работы, риск отказа.*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Шарутина Вера Александровна, доцент, ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Бутузов Артём Андреевич, магистрант, ФГБОУ ВО «СГУВТ»
630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

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

ОБОБЩЁННЫЙ ВАРИАНТ МЕТОДА ГЕРОНА ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ КВАДРАТНОГО КОРНЯ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водногортранспорта»

В.И. Фомин, Ю.В. Щвец

A GENERALIZED VERSION OF THE HERON METHOD FOR CALCULATING THE SQUARE ROOT

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

V. I. Fomin (Senior Lecturer of SSUWT)

J. V. Shvets (Ph.D. of Pedagogic Sciences, Assoc. Prof. of SSUWT)

ABSTRACT: A generalized version of the classical Heron method of square root extraction is considered. The accuracy of the method found by the authors is estimated.

Keywords: square root extraction, Heron's method, generalized version, accuracy estimation

Рассматривается обобщённый вариант классического метода Герона извлечения квадратного корня. Произведена оценка точности найденного авторами метода.

Пусть требуется вычислить \sqrt{a} с определённой степенью точности. С этой целью рассмотрим уравнение степени $m \geq 2$:

$$(x - \sqrt{a})^m = 0 \quad (1)$$

Преобразовав левую часть уравнения (1) по формуле бинома Ньютона [1] и разделив полученное уравнение относительно неизвестного \sqrt{a} , найдём выражение искомого \sqrt{a} через x :

$$\sqrt{a} = F(x) = \begin{cases} \frac{-Q(x)}{\frac{1}{\sqrt{a}} \cdot R(x)}, & \text{если } m - \text{нечётно} \\ \frac{-R(x)}{\frac{1}{\sqrt{a}} \cdot Q(x)}, & \text{если } m - \text{чётно} \end{cases}, \quad (2)$$

где $Q(x)$, $R(x)$ – нечётная (чётная) части многочлена $P_m(x) = (x - \sqrt{a})^m$ – левой части уравнения (1).

Ясно, что

$$Q(x) = \frac{1}{2} [P_m(x) - P_m(-x)] = \begin{cases} \frac{1}{2} [(x - \sqrt{a})^m + (x + \sqrt{a})^m] & (m - \text{нечётное}) \\ \frac{1}{2} [(x - \sqrt{a})^m - (x + \sqrt{a})^m] & (m - \text{чётное}) \end{cases} \quad (3)$$

$$R(x) = \frac{1}{2} [P_m(x) + P_m(-x)] = \begin{cases} \frac{1}{2} [(x - \sqrt{a})^m - (x + \sqrt{a})^m] & (m - \text{нечётное}) \\ \frac{1}{2} [(x - \sqrt{a})^m + (x + \sqrt{a})^m] & (m - \text{чётное}) \end{cases} \quad (4)$$

Ввиду формул (2), (3), (4) заключаем, что независимо от чётности m выражение для функции $F(x)$ имеет вид:

$$F(x) = \sqrt{a} \cdot \frac{(x + \sqrt{a})^m + (x - \sqrt{a})^m}{(x + \sqrt{a})^m - (x - \sqrt{a})^m} \quad (5)$$

Отметим, что ввиду (5)

$$F(\sqrt{a}) = \sqrt{a}, \quad (6)$$

что обусловлено, очевидно, равносильностью уравнений (1) и (2). Поскольку функция $f(x)$ непрерывна на \mathbb{R}^+ , то вблизи искомого \sqrt{a} её значения будут достаточно близки к $F(\sqrt{a}) = \sqrt{a}$ (6). Это обстоятельство позволяет построить итерационную последовательность x_n согласно следующего правила:

$$\begin{cases} x_0 > 0 - \text{ненулевое приближение } \sqrt{a} \\ x_n = F(x_{n-1}), \quad n \in \mathbb{N} \end{cases} \quad (7)$$

Докажем, что построенная таким образом последовательность x_n сходится к \sqrt{a} . С этой целью введём в рассмотрение вспомогательную последовательность

$$y_n = \frac{x_n - \sqrt{a}}{x_n + \sqrt{a}}, \quad n \in \mathbb{N}_0 \quad (8)$$

Докажем, что y_n – бесконечно малая последовательность.

Действительно, ввиду (5), (7) и (8) получим:

$$\begin{aligned} y_n &= \frac{x_n - \sqrt{a}}{x_n + \sqrt{a}} = \frac{F(x_{n-1}) - \sqrt{a}}{F(x_{n-1}) + \sqrt{a}} = \frac{\sqrt{a} \cdot \frac{(x_{n-1} + \sqrt{a})^m + (x_{n-1} - \sqrt{a})^m}{(x_{n-1} + \sqrt{a})^m - (x_{n-1} - \sqrt{a})^m} - \sqrt{a}}{\sqrt{a} \cdot \frac{(x_{n-1} + \sqrt{a})^m + (x_{n-1} - \sqrt{a})^m}{(x_{n-1} + \sqrt{a})^m - (x_{n-1} - \sqrt{a})^m} + \sqrt{a}} = \\ &= \frac{\frac{1 + y_{n-1}^m}{1 - y_{n-1}^m} - 1}{\frac{1 + y_{n-1}^m}{1 - y_{n-1}^m} + 1} = \frac{1 + y_{n-1}^m - 1 + y_{n-1}^m}{1 + y_{n-1}^m + 1 - y_{n-1}^m} = y_{n-1}^m \end{aligned} \quad (9)$$

Применив соотношение (9) n раз, по индукции получим:

$$y_n = y_{n-1}^m = y_{n-2}^{m^2} = y_{n-3}^{m^3} = \dots = y_0^{m^n} = \left(\frac{x_0 - \sqrt{a}}{x_0 + \sqrt{a}} \right)^{m^n} \xrightarrow{n \rightarrow \infty} 0 \quad (\text{т.к. } |y_0| < 1),$$

что равносильно, ввиду (8), сходимости x_n к \sqrt{a} , что и требовалось доказать.

Полагая, что $a \in (1; 100)$, что всегда можно достичь надлежащим сдвигом запятой в исходном подкоренном числе на чётное количество разрядов вправо (если $0 < a < 1$) или влево (если $a > 100$), оценим скорость сходимости последовательности x_n к \sqrt{a} , т.е. величину абсолютной погрешности:

$$\begin{aligned} \delta_n &= |x_n - \sqrt{a}| = |F(x_{n-1}) - \sqrt{a}| = \left| \sqrt{a} \cdot \frac{(x_{n-1} + \sqrt{a})^m + (x_{n-1} - \sqrt{a})^m}{(x_{n-1} + \sqrt{a})^m - (x_{n-1} - \sqrt{a})^m} - \sqrt{a} \right| = \\ &= \frac{2\sqrt{a} \cdot |x_{n-1} - \sqrt{a}|^m}{(x_{n-1} + \sqrt{a})^m - (x_{n-1} - \sqrt{a})^m} < \frac{2\sqrt{a} \cdot \delta_{n-1}^m}{2m \cdot x_{n-1}^{m-1} \cdot \sqrt{a}} = \frac{\delta_{n-1}^m}{m \cdot x_{n-1}^{m-1}} < \delta_{n-1}^m \end{aligned} \quad (10)$$

поскольку ввиду условия $m \geq 2$, $x_{n-1} > 1$.

Из оценки (10) следует, что последовательность δ_n очень быстро убывает, стремясь к нулю с ростом n . Например, при $m=5$ каждое очередное приближение \sqrt{a} имеет в 5 раз больше верных знаков искомого по сравнению с предыдущим приближением, т.е. построенная нами последовательность x_n очень быстро сходится к \sqrt{a} .

Оценка (10) показывает, что на каждом очередном шаге число верных знаков искомого \sqrt{a} увеличивается в m раз по сравнению с предыдущим шагом.

Проведённые выше рассуждения доказывают, что последовательность x_n сходится к \sqrt{a} независимо от выбора x_0 . Ввиду получаемой нами выше оценки (10) число итераций (т.е. применений формулы (1)) будет тем меньше, чем меньше погрешность нулевого приближения x_0 , т.е. чем ближе x_0 к искомому \sqrt{a} .

В завершение рассмотрим случаи $m=2$ и $m=3$:

1) $m=2 \Rightarrow$ получаем классическую последовательность Герона [2], а именно: $x_0 > 0$ – нулевое приближение \sqrt{a} ,

$$\begin{aligned}
 x_{n+1} = F(x_n) &= \sqrt{a} \cdot \frac{(x_n + \sqrt{a})^2 + (x_n - \sqrt{a})^2}{(x_n + \sqrt{a})^2 - (x_n - \sqrt{a})^2} = \\
 &= \sqrt{a} \cdot \frac{x_n^2 + 2\sqrt{a} \cdot x_n + a + x_n^2 - 2\sqrt{a} \cdot x_n + a}{[(x_n + \sqrt{a}) + (x_n - \sqrt{a})] \cdot [(x_n + \sqrt{a}) - (x_n - \sqrt{a})]} = \\
 &= \sqrt{a} \cdot \frac{2(x_n^2 + a)}{2x_n \cdot 2\sqrt{a}} = \frac{x_n^2 + a}{2x_n} = \frac{1}{2} \left(x_n + \frac{a}{x_n} \right), \quad n \in \mathbb{N}_0
 \end{aligned} \tag{11}$$

Ввиду сказанного выше, она имеет самую малую скорость сходимости - каждое очередное приближение увеличивает вдвое число верных знаков по сравнению с предыдущим. Достоинством её является, ввиду (11), простая схема вычислений (всего лишь 3 действия!)

2) $m = 3 \Rightarrow$ в этом случае, ввиду (5), получим [3]:

$$\begin{aligned}
 F(x) &= \sqrt{a} \cdot \frac{(x + \sqrt{a})^3 + (x - \sqrt{a})^3}{(x + \sqrt{a})^3 - (x - \sqrt{a})^3} = \\
 &= \sqrt{a} \cdot \frac{2x \cdot [(x + \sqrt{a})^2 - (x + \sqrt{a}) \cdot (x - \sqrt{a}) + (x - \sqrt{a})^2]}{2\sqrt{a} \cdot [(x + \sqrt{a})^2 + (x + \sqrt{a}) \cdot (x - \sqrt{a}) + (x - \sqrt{a})^2]} = \\
 &= x \cdot \frac{x^2 + 2\sqrt{a} \cdot x + a - x^2 + a + x^2 - 2\sqrt{a} \cdot x + a}{x^2 + 2\sqrt{a} \cdot x + a + x^2 - a + x^2 - 2\sqrt{a} \cdot x + a} = x \cdot \frac{x^2 + 3a}{3x^2 + a}
 \end{aligned} \tag{12}$$

Основываясь на формулах (11) и (12), вычислим, например, $\sqrt{5}$, полагая, что $x_0 = 2$:

а) Применив формулу (11) классического метода Герона, последовательно найдем:

$$x_1 = \frac{1}{2} \left(x_0 + \frac{5}{x_0} \right) = \frac{1}{2} \left(2 + \frac{5}{2} \right) = \frac{1}{2} \cdot \frac{9}{2} = \frac{9}{4} = 2,25 \text{ – 2 верных знака } \sqrt{5}.$$

$$x_2 = \frac{1}{2} \left(x_1 + \frac{5}{x_1} \right) = \frac{1}{2} \left(\frac{9}{4} + \frac{5}{9/4} \right) = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{9}{4} + \frac{20}{9} \right) = \frac{1}{2} \cdot \frac{81 + 80}{4 \cdot 9} = \frac{161}{72} \approx 2,236111111$$

– 4 верных знака.

$$\begin{aligned}
 x_3 &= \frac{1}{2} \left(x_2 + \frac{5}{x_2} \right) = \frac{1}{2} \left(\frac{161}{72} + \frac{5}{161/72} \right) = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{161}{72} + \frac{360}{161} \right) = \\
 &= \frac{1}{2} \cdot \frac{161^2 + 72 \cdot 360}{72 \cdot 161} = \frac{1}{2} \cdot \frac{25921 + 25920}{72 \cdot 161} = \frac{51841}{144 \cdot 161} \approx 2,236067978
 \end{aligned}$$

– 10 верных знаков $\sqrt{5}$.

$$x_4 = \frac{1}{2} \left(x_3 + \frac{5}{x_3} \right) = 2,236067978 = x_3 \text{ – 4 итерации.}$$

б) Применим обобщённый метод Герона при $m = 3$. Ввиду (12) получим итерационную последовательность x_n , а именно:

$$x_0 = 2 \text{ и } a = 5, \quad x_{n+1} = x_n \cdot \frac{x_n^2 + 3a}{3x_n^2 + a} = x_n \cdot \frac{x_n^2 + 15}{3x_n^2 + 5} \Rightarrow$$

$$x_1 = 2 \cdot \frac{4 + 15}{12 + 5} = 2 \cdot \frac{19}{17} = 2,235294118 \text{ – 3 верных знака } \sqrt{5} \text{ (2,23)}$$

$$x_2 = x_1 \cdot \frac{x_1^2 + 15}{3x_1^2 + 5} \approx 2,236067977 \text{ – 9 верных знаков } \sqrt{5} \text{ (2,23606797)}.$$

Дальнейшие вычисления, ввиду технических возможностей микрокалькулятора, не имеют смысла.

Как видим, приведённые примеры полностью подтверждают полученные выше теоретические положения, относительно скорости сходимости последовательности Герона ($m = 2$) и обобщённой последовательности Герона ($m = 3$).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выгодский М.Я. Справочник по элементарной математике. — Москва: АСТ : Астрель, 2015. — 509 с.
2. Курант Р. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Т. 1. — Москва: Наука, 1967. — 704 с.
3. Сергеев В.Н. Сборник олимпиадных задач по высшей математике. — Омск: ОПИ, 1975. — 107 с.

REFERENCES

1. Vygodsky M.Ya. Handbook of elementary mathematics. — Moscow: AST : Astrel, 2015. — 509 p.
2. Courant R. Course of differential and integral calculus. Vol. 1. — Moscow: Nauka, 1967. — 704 p.
3. Sergeev V.N. Collection of Olympiad problems in higher mathematics. — Omsk: OPI, 1975. — 107 p.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *извлечение квадратного корня, метода Герона, обобщённый вариант, оценка точности*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Фомин Василий Иванович, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»
Швец Юлия Владимировна, кандидат пед. наук, доцент ФГБОУ ВО «СГУВТ»
630099, г.Новосибирск, ул.Щетинкина, 33, ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

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

РОЛЬ ХИМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водногоспорта»

Н.В. Мокровицкая

THE ROLE OF THE CHEMICAL EXPERIMENT IN THE STUDY OF THE DISCIPLINE

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

N.V. Mokrovitskaya (Senior Lecturer of SSUWT)

ABSTRACT: Formation of competencies of students in the discipline of chemistry by means of a chemical experiment. The classification of chemical experiments according to the form of conducting, types, content, functions is considered. The role of chemical experiment in the educational process.

Keywords: *chemical science, chemical experiment as a method of learning and creativity, demonstration experiment, laboratory chemical experiment.*

Формирование компетенций обучающихся по дисциплине химия по средствам химического эксперимента. Рассмотрена классификация химических экспериментов по форме проведения, видам, содержанию, функциям. Роль химического эксперимента в учебном процессе.

“Ни одна наука не нуждается в эксперименте в такой степени как химия. Ее основные законы, теории и выводы опираются на факты. Поэтому постоянный контроль опытом необходим”.

Майкл Фарадей

Одна из задач современного обучения – формирование ключевых компетенций обучающихся через экспериментальную и исследовательскую деятельность.

Химия является наукой теоретически-экспериментальной. Поэтому в процессе её изучения важнейшим методом является эксперимент как средство получения конкретных представлений и прочных знаний. При экспериментальном решении химических задач предусматривается самостоятельное применение умений учащихся проводить химические опыты для приобретения знаний или подтверждения предположений. Так обеспечивается развитие их познавательной деятельности в процессе выполнения химического эксперимента.

Химия – наука экспериментальная. Поэтому обучение этой дисциплине невозможно без использования химического эксперимента. Проведение химического эксперимента на занятиях химии также предусмотрено и ФГОС. Требования к предметным результатам освоения курса включают:

– владение основными методами научного познания, используемыми в химии: наблюдением, описанием, измерением, экспериментом;

- умение обрабатывать, объяснять результаты проведенных опытов и делать выводы; готовность и способность применять методы познания при решении практических задач;
- формирование у учащихся умений работать с химическими веществами; химическим лабораторным оборудованием;
- применять полученные знания и умения для безопасной работы с веществами в лаборатории, быту и в профессиональной деятельности.

Под экспериментом понимают научно поставленный опыт, т.е. наблюдение исследуемого явления в учитываемых условиях, позволяющих следить за его ходом и воссоздать его каждый раз при повторении тех же условий.

Экспериментальный опыт дает возможность установить причинно-следственные связи между явлениями, а также между величинами, характеризующими свойства тел и явлений. Он дает возможность выяснить кинетику, динамику процессов и их энергетическую сущность.

В соответствии с целями и задачами исследования эксперимент может быть количественным или качественным; иллюстративным, демонстрационным, исследовательским; техническим или научным.[1]

Содержанием учебного эксперимента являются:

- а) изучение явлений, особенностей их протекания в определенных условиях;
- б) изучение причинно-следственных связей между явлениями и функциональной зависимости между величинами, характеризующими явления и свойства тел (например, зависимости температуры кипения от давления);
- в) изучение и сравнение свойств вещества в различных состояниях;
- г) иллюстрация законов, сформулированных на основе опытов или в результате логических умозаключений, опирающихся на общетеоретические положения или метод индукций;
- д) определение констант (например, электромеханического эквивалента);
- е) изучение и испытание приборов (например, фотоэлектроколориметров, потенциометров, хроматографов).

Эксперимент включает наблюдения, измерения и запись их результатов. Но данным этапом эксперимент не завершается. Завершающей частью эксперимента является теоретический анализ и математическая обработка результатов измерений. Конечную цель эксперимента представляют выводы, которые формулируются в результате этой обработки.

Для экспериментов охарактерны три основные функции:

- познавательная, потому что он важен для усвоения учащимися основ химии, постановки и решения практических проблем, выявления значения химии в современной жизни;
- воспитывающая, потому что он способствует формированию научного мировоззрения студентов;
- развивающая, поскольку он служит для приобретения и совершенствования общенаучных и практических умений и навыков.

Есть и другие функции: эвристическая функция химического эксперимента проявляется в установлении новых фактов, понятий и закономерностей.

Обобщающая функция химического эксперимента позволяет выработать предпосылки для построения различных типов эмпирических обобщений. С помощью серии опытов можно сделать обобщенный вывод о химических закономерностях протекания реакций.

Исследовательская функция химического эксперимента наиболее ярко проявляется в проблемном обучении. Одним из путей осуществления данного способа организации проблемного обучения является постановка исследовательских заданий.[2]

Обычно учебные опыты, выполняемые на занятиях по химии, подразделяют в зависимости от субъекта их проведения на демонстрационные, лабораторные опыты и практические работы (лабораторные работы). Демонстрационный эксперимент выполняется преподавателем – он проводит опыт, остальные наблюдают за ходом процесса. Цель демонстрационного эксперимента: формирование у учащихся понятий химической науки и умений наблюдать. Демонстрационные опыты – необходимый вид эксперимента. Он используется в следующих случаях:

- когда студенты, особенно на первых этапах обучения, не владеют в достаточной мере техникой выполнения опытов;
- когда по условиям техники безопасности учащимся запрещено использование

некоторых веществ (брома, перманганата калия в твердом виде и др.);

- когда техническое оснащение опыта сложно для учащихся или отсутствует соответствующее оборудование в достаточном количестве;
- когда отдельные лабораторные опыты заменяются демонстрационными в целях экономии времени;

Основное требование ко всякому химическому опыту – это требование полной безопасности его для учащихся.[3]

Лабораторные опыты выполняются всеми обучающимися в группе во время объяснения преподавателя. Эти опыты должны быть простыми, непродолжительными по времени (2-3 мин) и безопасными в проведении. Дидактическая цель лабораторных опытов состоит в приобретении новых знаний, так как они проводятся при изучении нового материала и экспериментальном подтверждении теоретических положений.

По форме организации лабораторные опыты делятся на: индивидуальные, групповые, коллективные.

Практические работы (лабораторные работы) – это эксперимент по изучению определенной темы, выполняемый обучающимися под руководством преподавателя в течение всего занятия.

Цель практических работ: закрепление и совершенствование теоретических знаний, формирование и совершенствование практических умений и навыков. Опыты учащиеся выполняют парами по методическим указаниям. Методика к лабораторным опытам и практическим заданиям должны быть четкими, последовательными.

По форме проведения экспериментов также существует классификация. Каждый вид учебного химического эксперимента имеет свои определенные цели и особенности исполнения. Демонстрационные опыты по химии могут проводиться:

- в виде натуральных процессов или реакций;
- в виде имитационных опытов, когда одни вещества с целью большей безопасности, наглядности и экономичности заменяются другими;
- в виде мультимедиа-эксперимента, то есть показа опытов по с помощью кинопроектора или компьютера.

Сегодня, в период бурного внедрения в учебный процесс информационно-коммуникационных технологий, реальный химический эксперимент все чаще стал подменяться виртуальным. Цель виртуального эксперимента: показать на экране такие явления, которые в натуральном виде могут быть опасны, протекают длительно во времени, требуют особого оборудования и т.д. [4]

Химический эксперимент – уникальная возможность развития в мышлении обучающихся способностей к анализу, синтезу, конкретизации, обобщению и систематизации нового учебного материала и, как следствие, формирования в сознании субъекта учебно-познавательной деятельности осмысленной им стройной конструкции химической картины мира.

Образовательные, воспитательные, развивающие цели в педагогическом процессе достигаются разными способами, и одним из них, наиболее эффективным, является активное познание. В области химии это предполагает работу студентов в процессе эксперимента различных видов на занятии. Учебный эксперимент играет огромную роль в изучении, понимании данного предмета, придавая ему наглядность, яркость, возбуждая познавательный интерес и обеспечивая активное включение обучающихся в учебно-познавательный процесс.[5] Химический эксперимент – это не только источник познания, но и средство воспитания студентов. Любое познание начинается с ощущения, восприятия конкретных предметов, явлений, процессов и переходит затем к обобщению и абстрагированию. Научное понятие должно обосновываться практически. Используя различные виды химического эксперимента, преподаватель учит конкретизировать теоретические знания, а студенты, в свою очередь, «наполняют» усвоенные химические понятия живым конкретным содержанием. Химические эксперимент способствует развитию самостоятельности, повышает интерес к химии, так как в процессе его выполнения студенты убеждаются не только в практической значимости такой работы, но и имеют возможность творчески применять свои знания. Велика роль химического эксперимента в развитии мышления и умственной активности студентов, так как ведущую роль в умственном развитии играет теория в единстве с экспериментом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казанцева Е.Ю. Химический эксперимент в техническом ВУЗе // Современные наукоемкие технологии. – 2020. – № 10. – С. 182-186;
2. Тяглова Е.В. Исследовательская деятельность учащихся по химии. - М. «Глобус». 2007, 224 с.
3. Голубева Т.Б. О формировании мотивации изучения химии у студентов технического вуза посредством использования демонстрационного эксперимента // Вестник ЧГПУ. 2011. № 11. С. 43–50.
4. Чечель И.Д. Теория и практика организации экспериментальной работы в общеобразовательных учреждениях. – М. Дом «Новый учебник», 2003.
5. Злотников Э.Г. Химический эксперимент как специфический метод обучения // Химия.- 2007.-№24.

REFERENCES

1. Kazantseva E.Yu. Chemical experiment in a technical university // Modern science-intensive technologies. – 2020. – №. 10. – pp. 182-186;
2. Tyaglova E.V. Research activity of students in chemistry. - M. "Gloбус". 2007, 224 p.
3. Golubeva T.B. On the formation of motivation for studying chemistry among students of a technical university through the use of a demonstration experiment // Bulletin of ChSPU. 2011. №. 11. pp. 43-50.
4. Chechel I.D. Theory and practice of the organization of experimental work in educational institutions. – M. House "New textbook", 2003.
5. Zlotnikov E.G. Chemical experiment as a specific teaching method // Chemistry.- 2007.-№24.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *химическая наука, химический эксперимент как метод обучения и творчества, демонстрационный эксперимент, лабораторный химический эксперимент*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ: *Мокровицкая Наталья Владимировна, старший преподаватель ФГБОУ ВО «СГУВТ»*

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

CONTENTS

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТА

- Боровская Ю.С., Кадникова Е.С.**
ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОСТИ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБМЕННОГО ПАРКА
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ ДЛЯ
РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В
БЕРЕГОВЫХ СКЛАДАХ 5
- Иванова О.Н., Каравка А.А., Калинина А.П.**
ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПРОГНОЗ АВАРИЙНЫХ
СИТУАЦИЙ В ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ С
БОЛЬШИМ КОЛИЧЕСТВОМ ПЕРЕКРЕСТКОВ 9

TRANSPORT OPERATION AND ECONOMICS

- Y.S. Borovskaya, E.S. Kadnikova**
JUSTIFICATION OF THE RATIONALITY OF
USING THE EXCHANGE FLEET OF RAILWAY
CARS TO REGULATE THE NEED FOR
COASTAL WAREHOUSES 5
- O.N. Ivanova, A.A. Karavka, A.P. Kalinina**
PROBABILISTIC FORECAST OF EMERGENCY
SITUATIONS IN A TRANSPORT NETWORK
WITH A LARGE NUMBER OF INTERSECTIONS 9

ПУТЬ. ПУТЕВОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Арабьян Л.К., Григорьев Е.А., Мензилова М.Г.**
ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРОПУЛЬСИВНОГО КОМПЛЕКСА РЕЧНОГО
СУДНА 12
- Тельцов Д.С., Андрыщенко С.П., Дмитриев А.С.**
СПОСОБЫ СОЗДАНИЯ ГАЗОВЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ МОДУЛЬНОСТИ И
CFD-МОДЕЛИРОВАНИЯ 18

INFRASTRUCTURE OF TRANSPORT ROUTES

- L.K. Arabyan, E.A. Grigoriev, M.G. Menzilova**
WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF THE
PROPULSION COMPLEX OF A RIVER VESSEL 12
- D.S. Teltsov, S.P. Andryushchenko, A.S. Dmitriev**
METHODS OF CREATING GAS ENGINES
BASED ON MODULARITY AND CFD
MODELING 18

СУДОВОЖДЕНИЕ

- Сичкарёв В.И., Хохряков А.Н., Покалюхин Ю.С.,
Бабенко А.В.**
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
РАБОТЫ КРЫЛА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО
ЯКОРЯ 20
- Приваленко А.А., Линевиц И.Ю.**
ОБЗОР ПРОЕКТА БУЯ ПО СБОРУ ДАННЫХ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО
КОМПЛЕКСА НА БАЗЕ
МИКРОПРОЦЕССОРОВ «ARDUINO» 29

MANAGEMENT AND MAINTENANCE OF MEANS OF TRANSPORT

- V.I. Sichkarev, A.N. Khokhryakov, Y.S. Pokalyukhin,
A.V. Babenko**
COMPUTER SIMULATION OF WING
OPERATION IN A HYDRODYNAMIC ANCHOR 20
- A.A. Privalenko, I.Y. Linevich**
OVERVIEW OF DATA COLLECTION BUOY
PROJECT USING A RADIO ENGINEERING
COMPLEX BASED ON MICROPROCESSORS 29

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

- В.В. Загоровский, М.К. Романченко,
А.М. Романченко**
ИССЛЕДОВАНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ
ПРУЖИНЫ: МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ 34
- Губин Е.С., Юр Г.С.**
ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА
ДИЗЕЛЯ НА СУДОВОМ МАЛОВЯЗКОМ
ТОПЛИВЕ, ОБРАБОТАННОМ
ВЫСОКОВОЛЬТНЫМ ЗАРЯДОМ 38

HEAT POWER INDUSTRY

- V.V. Zagorovsky, M.K. Romanchenko, A.M. Romanchenko**
INVESTIGATION OF THE NATURAL
FREQUENCIES OF THE SPRING:
MATHEMATICAL MODELING 34
- E. S. Gubin, G. S. Yur**
RESEARCH OF THE WORKING PROCESS OF
A DIESEL ON MARINE LOW-VISCOSITY FUEL
PROCESSED WITH A HIGHVOLTAGE
CHARGE 38

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

- Шарутина В.А., Бутузов А.А.**
ВЛИЯНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ В
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
СЕТЯХ НА РАБОТУ КРАНОВЫХ
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ 42

ELECTRIC POWER INDUSTRY

- V.A. Sharutina, A.A. Butuzov**
THE EFFECT OF DAMAGE IN DISTRIBUTION
ELECTRICAL NETWORKS ON THE
OPERATION OF CRANE ELECTRIC MOTORS 42

ТРАНСПОРТНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

- Фомин В.И., Швец Ю.В.**
ОБОБЩЁННЫЙ ВАРИАНТ МЕТОДА ГЕРОНА
ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ КВАДРАТНОГО КОРНЯ 45
- Мокровицкая Н.В.**
РОЛЬ ХИМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ
ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ 48

TRANSPORT EDUCATION

- V. I. Fomin, J. V. Shvets**
A GENERALIZED VERSION OF THE HERON
METHOD FOR CALCULATING THE SQUARE
ROOT 45
- N.V. Mokrovitskaya**
THE ROLE OF THE CHEMICAL EXPERIMENT
IN THE STUDY OF THE DISCIPLINE 48

ПОРЯДОК ПРИЕМА МАТЕРИАЛОВ

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)		
Ключевые слова (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 автора: 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.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ
Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока
№1 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