

XI. ИСТОРИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

УДК 629

ВЫДАЮЩИЙСЯ ДЕЯТЕЛЬ ФЛОТА

А.Ф. Бурков, Дальрыбвтуз, Владивосток

Изложены некоторые биографические сведения об известном российском инженере-кораблестроителе XIX в. С.О. Бурачке, внесшем большой вклад в развитие отечественного судостроения

Степан Онисимович (Анисимович) Бурачек (Бурачок) (рис. 1) был выдающимся отечественным инженером-кораблестроителем, педагогом, ученым и изобретателем.



Рис. 1. Степан Онисимович (Анисимович) Бурачек (Бурачок)

Современники С.О.(А.) Бурачка, адмиралы и ученые, со многими из которых он лично общался, «... ценили его богатую эрудицию, энтузиазм, бескорыстную преданность любому делу, за которое он брался, не жалея ни сил, ни собственных средств ...» [1].

Его жизнь и деятельность совпала с переходом флота от парусных деревянных судов к судам (кораблям) с паровыми двигателями, гребны-

ми винтами и металлическими корпусами. В этот исторический период, по словам великого русского ученого Д.И. Менделеева (1834–1907 гг. [2]), возникла острая необходимость «... расширения рамок исследований в отечественном судостроении при тесном сочетании теоретических работ с натурными и модельными экспериментами, которые должны дополнять и подтверждать друг друга ...» [3].

Оригинальные научные труды и технические решения С.О. (А.) Бурачка частично восполнили имеющийся пробел и оставили заметный след в истории теории и практики отечественного судостроения.

Степан О. (А.) Бурачек родился 12 января 1800 г. в селе Заиньки (имении Заньки [1]) Нежинского уезда Черниговской губернии Украины [4].

В 1812 г. отец определил его в Училище корабельной архитектуры Петербурга, единственное в то время отечественное кораблестроительное учебное заведение. Здесь он познакомился с будущим инженером и генералом И.А. Амосовым (1800–1878 гг.) [5].

В 1817 г. Степан Бурачек и Иван Амосов блестяще окончили это учебное заведение [1]. Они имели самые высокие оценки и были первыми в списке пятого по счету выпуска «обученных тиммерманов» – корабельных чертежников. За отличные успехи и примерное поведение выпускникам Бурачку и Амосову были присвоены чины не 13-го, как остальным выпускникам, а 12-го класса [6]. С.О. Бурачка оставили при училище преподавателем корабельной архитектуры. Спустя два года он был назначен на службу в Петербургское адмиралтейство, а позднее, с повышением по службе – в Казань. Здесь в 1820 г. он впервые самостоятельно спроектировал и построил 16-пушечный корвет «Геркулес» для флота Каспийского моря [4].

В 1821 г. молодой, от природы энергичный и любознательный С.О. Бурачек возглавил Астраханское адмиралтейство, сменив на этой должности переведенного в Петербург А.А. Попова (1788–1859 гг.) [7]. В рекордный для того времени срок под руководством Бурачка была реконструирована и в 1826 г. введена в эксплуатацию Астраханская судостроительная верфь. На ее стапелях практически одновременно началась постройка по проектам Бурачка более десяти кораблей и судов. В 1827 г. были построены первые на Каспийском море паровые суда – сорокасильные колесные пароходы «Кура» и «Предприятие» [1].

В это время, несмотря на загруженность производственной деятельностью, С. Бурачек начал активно заниматься наукой. Он ввел в практику судостроения понятие о коэффициентах теоретического чертежа, усовершенствовал и развил «параболический метод» построения теоретического чертежа.

В Астрахани С.О. Бурачек проработал свыше десяти лет и получил навыки пытливого исследователя, большой практический опыт. За это время Астраханское адмиралтейство по проектам и чертежам Бурачка построило около тридцати боевых кораблей и вспомогательных судов, в том числе кроме колесных пароходов «Кура» и «Предприятие», восемь бригов, четыре парохода и несколько транспортных судов, составивших ядро Каспийской военной флотилии [4].

В 1831 г. по приказу морского министра А.В. Моллера (1764-1848 гг.) [8] С.О. Бурачек был переведен в Петербург для наблюдения за постройкой нескольких кораблей для флота Балтийского моря. Вскоре ему предложили занять профессорскую кафедру в офицерских классах Морского корпуса. Он читал лекции по корабельной архитектуре, теории и практике кораблестроения.

В это время продолжалась его деятельность как конструктора и кораблестроителя. В 1832 г. был спущен на воду 93-пушечный парусный корабль «Не тронь меня», строившийся под наблюдением Бурачка. Кроме того, под его наблюдением строились винтовой пароход «Константин», фрегаты «Кастор» и «Аврора» [1].

Степан Онисимович Бурачек проявил себя талантливым ученым, написав целый ряд оригинальных работ по теории кораблестроения, его истории. В 1835 г. он закончил первый в истории трактат по теории сопротивления материалов, применяемых в кораблестроении: «Теория крепости лесов и металлов с приложением к строению кораблей» [9]. Примерно в это же время он закончил работу по истории корабельной архитектуры, в которой был сделан анализ ее возникновения и развития [10].

В 1836 г. С.О. Бурачек и лейтенант С.И. Зеленый (Зеленой) (1810 (или 08 [1])–1892 гг.) [11], будущий почетный член Петербургской Академии наук и адмирал, отредактировали лекции по математическому анализу русского математика, академика М.В. Остроградского (1801-1861 гг.) [12], рассчитанные для широкого круга специалистов Морского корпуса. Эта работа, названная «Лекции алгебраического и трансцендентного анализа, читанные М.В. Остроградским в 1836 году», была издана в 1837 г. в двух частях [1].

Особое внимание Степан Онисимович обращал на гидродинамику, в частности на вопросы, связанные с сопротивлением воды движению судов, многие из которых не были решены. Бурачек разработал свою теорию сопротивления воды движущимся телам, в основе которой лежала идея определения сопротивления воды по теоретическому чертежу корабля методом пересчета результатов модельных испытаний на натуре. Он предложил подразделять полное сопротивление воды на составные части и создал оригинальный метод расчета мощности главных судовых двигателей. Метод подобия в настоящее время широко используется в случаях физического моделирования при проектировании судов.

Степан Онисимович Бурачек проявлял повышенный интерес к новым идеям, перспективным, по его мнению, техническим решениям и осуществлял посильную помощь в их реализации.

По ограниченному сведению, в 1836 г. отставной петербургский чиновник Ф. Полубинский сконструировал «электромагнитную машину» возвратно-поступательного движения «... в 120 пудов силы ...», приводившуюся в действие «... тяжестью двух, попеременно действующих рычагов ...». Эта машина была установлена на построенном

за счет средств Полубинского катере длиной 15,0 м, шириною 4,0 м и осадкой 1,8 м и предназначалась для его движения. Тяжело заболев, Полубинский не смог самостоятельно провести испытания [13].

В то время С.О. Бурачек, авторитетный корабельный инженер, был сторонником практического использования на флоте «электрического движителя», который создал отечественный ученый, немец по национальности, Б.С. Якоби (1801-1874 гг.) [14]. Этот «двигатель» принципиально отличался от «электромагнитной машины» Полубинского механическим движением после преобразования электрической энергии в механическую энергию – имел вращательное движение. Необходимо отметить, «... что в те годы еще не было четкого разграничения между терминами «двигатель» и «двигатель» ...» [1].

По предложению министра народного просвещения и президента Петербургской Академии наук С.С. Уварова (1786-1855 гг.) [15] в 1837 г. была назначена «Комиссия для производства опытов относительно приспособления электромагнитной силы к движению по способу профессора Якоби» [16]. По представлению Главного морского штаба (ГМШ) в состав этой комиссии был включен и С.О. Бурачек. В состав комиссии также входили: вице-адмирал И.Ф. Крузенштерн (1770-1846 гг.) – председатель (старший член); академики А.Я. Купфер (1799-1865 гг.), Э.Х. Ленц (1804-1865 гг.), М.В. Остроградский (1801-1861 гг.), П.Н. Фусс (1798-1855 гг.); члены-корреспонденты: корпуса горных инженеров полковник П.Г. Соболевский (1782-1841 гг.), П.Л. Шиллинг фон Канштат (1786-1837) [17].

Кроме того, по данным, приведенным в [18], к участию в комиссии был привлечен «... лейтенант Зеленый ...» (С.И. Зеленой).

Степана Онисимовича Бурачка интересовала, в первую очередь, возможность использования нового для того времени вида энергии (электрической) для движения судов.

В 1838 г. впервые в мире на шлюпке для ее движения был установлен электродвигатель Б.С. Якоби, и 13 сентября были проведены первые испытания. Описание испытаний шлюпки с гребным ЭД в различных источниках приведены в [17].

Царское правительство не оставило без внимания и техническое решение Полубинского. 9 октября 1838 г. Морское ведомство получило приказ «поспешнее удостовериться в предположениях г. Полубинского». Посланный к Полубинскому в начале 1839 г. С.О. Бурачек дал отрицательное заключение на конструкцию Полубинского, и испытания катера не были проведены [13]. В настоящее время трудно судить о работоспособности и возможных в то время перспективах машины Полубинского из-за отсутствия чертежей и эскизов упомянутого катера и машины.

Испытания «электрохода Якоби» выявили основные достоинства и недостатки использования электрической энергии для движения судов, к которым, в первую очередь, относились отсутствие относительно совершенных источника электрической энергии и электродвигателя. В

свою очередь С.О. Бурачек об испытаниях гребного электропривода Якоби отмечал: «... Такого скачка ... история техники не знает. В летописях практической механики не было еще примера, чтобы какой-нибудь движитель, только что придуманный, едва измеримый, был бы сразу удовлетворительно применен к движению машин ... механика приобрела нового движителя, обещающего великие преимущества ...» [19]. Одновременно Бурачек, ориентированный на кораблестроение, утверждал, что «... Паровая машина, несмотря на все ее совершенства, никогда не будет выгодным движителем военного корабля. Котел, машина и уголь вытеснит артиллерию ...» [19].

После испытаний первого электрохода внимание Бурачка было обращено на применение двигателя Якоби к «водомерным» («гидрореактивным») движителям. По его мнению, «... всего выгоднее будет приложить его ... к механизму, давно известному по теории, но которого еще никто не применял на практике ... Если провести непрерывный ток воды сквозь корабль с носа на корму, то корабль получит тем большую скорость, чем больше скорость водяного потока ...» [20]. Кроме использования «водомерного» устройства для движения судна, Бурачек подчеркивал возможность его применения для управления судном, а также в качестве водоотливного средства. В этой работе он привел разработанную им схему «водомерного» движителя, основными элементами которой являлись система из двух носовых и двух кормовых водопотоков, сообщенных с центральным резервуаром, горизонтальное «гидравлическое» колесо, размещенное в этом резервуаре. Рабочее колесо, по мнению Бурачка, должно было приводиться в действие электродвигателем Якоби и засасывать забортную воду по носовым водопотокам, после чего выбрасывать ее через кормовые водопотоки за кормовые образования судна.

Из производственной деятельности Бурачка в это время следует отметить постройку под его руководством в 1844 г. пароходо-фрегата «Храбрый», а в 1853 г. – парохода «Нева» [1].

В том же 1853 г. преподаватель Корабельно-инженерного училища Н.Н. Божерянов (1811-1881 гг.) [1], будущий генерал-майор, построил модель кормовой части судна с движителем, предложенным Бурачком.

Сам С.О. Бурачек в 1856 г. приступил к разработке проекта водомерной движительной установки для строившегося в то время фрегата «Генерал-адмирал». В ходе этих работ он выполнил ряд серьезных научных исследований, по результатам которых были получены аналитические выражения для практических расчетов, необходимых при проектировании водомерных движителей.

В разрабатываемом проекте по расчетам Бурачка водопотоки должны были иметь диаметр около 0,5 м, а диаметр червячных «винтов Архимеда» [21] должен был составлять 2,0 м при длине 4,0 м. Расчетная скорость хода корабля составляла около 14 уз [1].

В 1860 г. появилась статья С.О. Бурачка с теоретическим обоснованием и описанием его проекта (рис. 2). Он писал: «... Вплоть к киль-

сону, с той и другой стороны ... проводятся сквозные трубы во всю длину корабля ... По середине длины своей, каждая из этих труб имеет большой барабан, в котором ходит архимедов винт, приводимый в движение машиной, и посредством трубы тянет воду с носу и выбрасывает ее за корму ... В каждой из труб в носу и корме сделаны ставни, сообщающиеся со штурвалами наверху. Прилично открывая одни и закрывая другие ставни, всегда накрест, будем по желанию поворачивать корабль гораздо успешнее и вернее, чем рулем; длинные, как и короткие, корабли всегда будут поворачиваться буквально около вертикальной своей оси ... Водопроточные трубы, прикрепляемые с набором, сами послужат кораблю прибавочными кильсонами и балластом, наивыгоднейше размещенными ...» [22].

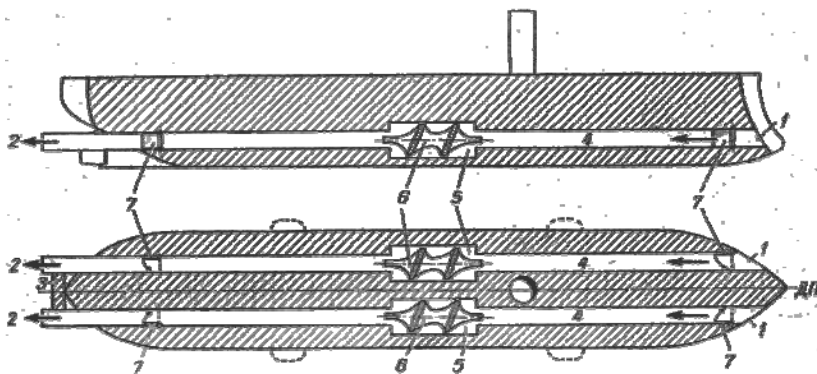


Рис. 2. Принципиальная схема водометной движительной установки для фрегата «Генерал-адмирал»: 1 – «приемные» отверстия; 2 – «выкидные» отверстия; 3 – площадка, скрепляющая выступающие концы водопроточных труб; 4 – водопроточные трубы квадратного сечения; 5 – барабаны водопроточных труб; 6 – «архимедовы винты», приводимые в действие паровыми машинами; 7 – заслонки («ставни») [1]

Этот проект не был реализован, однако он представлял определенный интерес. Предложенная Бурачком схема водометной движительной установки впервые в мире была разработана не опытным, а расчетным путем, на основе аналитических исследований. Прогрессивной идеей проекта явилась замена центробежных нагнетателей осевыми винтовыми «архимедовыми винтами». Спустя некоторое время С.О. Бурачек указывал, что целесообразно использование на судах водометного движителя с одним водопротоком, который можно использовать в системе набора корпуса судна в качестве килля.

Основные передовые идеи С.О. Бурачка впоследствии были использованы учеными и инженерами при создании работоспособных водометных движителей.

Примечательно определение им науки и ее роли в технических решениях, сформулированное в речи, произнесенной в 1862 г. на открытии Академического курса морских наук и опубликованной в «Кронштадтском вестнике»: «... При обозрении всего, что есть и делается в иных флотах, нам необходима оглядка и оценка. Но способность зрячей оглядки и здоровой самостоятельной оценки приобретаетсЯ лишь помощью науки. Ибо, что такое наука? Это не есть сбор фантазий, не есть праздная игра ума и идеи: наука есть свод фактов, явлений, наблюдений, выводов, осмысленной практики, приведенных в математический строй. Таким образом, практика, осмысленная наукой, есть техника. Практика не осмысленная наукой – слепая рутина ...» [23].

В 1869 г. С.О. Бурачку было присвоено звание генерал-лейтенанта Корпуса корабельных инженеров [4].

К недостаткам С.О. Бурачка историк И.А. Быховский относит недостаточную скромность и самокритичность [1]. Несмотря на эти недостатки, яркая личность С.О. Бурачка оставила заметный след в теории и практике отечественного судостроения. Советский ученый А.Э. Цукшвердт (1895-1980 гг.) [24] назвал Бурачка «...одним из видных русских авторов XIX века по теории корабля ...» [1].

Степан Онисимович Бурачек скончался после тяжелой и продолжительной болезни 26 декабря 1876 г. (7 января 1877 г. по новому стилю) и был с почестями похоронен на Смоленском кладбище в Петербурге [4].

В памяти соотечественников он остался не только ярким представителем кораблестроительной науки, но и основателем морской ветви в роду Бурачков. Его сын, контр-адмирал Евгений Степанович Бурачек (1836–1911 гг.) был одним из основателей г. Владивостока [25]. Старший внук С.О. Бурачка Всеволод (1884-1908 гг.) участвовал в русско-японской войне 1904-05 гг., а младший внук Владимир (1887-1943 гг.) служил на крейсере «Адмирал Макаров», строил боевые корабли [4].

Библиографический список

1. *Быховский И.А.* Корабельных дел мастера / Под ред. В.В. Ашика. Л.: Судпромгиз, 1961. 216 с.
2. *Дмитрий Иванович Менделеев* – Биография [Электронный ресурс] / (<http://chemistry.narod.ru/persones/Mendeleev>).
3. Очерки истории отечественного кораблестроения. М., 1990. С. 30.
4. *Балабин В.В.* Практика, осмысленная наукой, есть техника [Электронный ресурс] / (<http://vivovoco.nns.ru/VV/JOURNAL/VIET/BURAK>).
5. Военный энциклопедический словарь [Электронный ресурс] // Амосов Иван Афанасьевич (http://hrono.ru/biograf/bio_a/amosov.htm1).
6. Российский государственный архив Военно-морского флота. Фонд 166. Опись 1. Дело 2821. Л. 6.
7. Биография.ру | Попов Александр Сергеевич [Электронный ресурс] / (<http://print.biografija.ru/?id=108208>).

8. *Гайнуллин М.* Он строил Ревельский военный порт [Электронный ресурс] // Молодежь Эстонии. 18.03.2002 (<http://moles.ee/02/Mar/18/14-1.php>).
9. *Бурачек С.О.* Теория крепости лесов и металлов с приложением к строению кораблей // Институт русской литературы и искусства. Отдел рукописей. 1835. Фонд 34. Инв. 18.
10. *Бурачек С.О.* История морской архитектуры // Институт русской литературы и искусства. Отдел рукописей. 1835. Фонд 34. Инв. 540/5.
11. Зеленой, Семен Ильич [Электронный ресурс] / (<http://ruwiki.com/article>).
12. Остроградский Михаил Васильевич [Электронный ресурс] / (<http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/085/540>).
13. *Захаров В.В.* Первые русские электрокатера // Судостроение. 1982. № 1 (530). С. 70-71.
14. Русские немцы [Электронный ресурс] / (<http://www.pgpb.ru/cd/german/foto/jako>).
15. *Яроцкий А.В.* Борис Семенович Якоби. 1801-1874. М.: Наука, 1988. 240 с.
16. *Радовский М.И.* Борис Семенович Якоби. М.; Л.: Госэнергоиздат, 1949. 136 с.
17. *Бурков А.Ф.* Возникновение и развитие судовых электроприводов до конца XIX века. Владивосток: Мор. гос. ун-т им. адм. Г.И. Невельского, 2006. 145 с.
18. *Данилевский В.В.* Русская техника. 2-е изд. Л.: Лениздат, 1949. 548 с.
19. *Бурачек С.О.* Результаты, могущие последовать от применения электромагнетизма как движителя к военному кораблю и целому флоту // Маяк современного просвещения и образованности: Тр. ученых и литераторов русских и иностранных. 1840. Кн. V.
20. *Бурачек С.О.* О сквозных водопотоках // Маяк современного просвещения и образованности: Тр. ученых и литераторов русских и иностранных. 1840. Кн. V.
21. *Кудрявцев П.С.* История физики. Т. 1. От античной физики до Менделеева / Под ред. А.К.Тимирязева. М.: Гос-ое учебно-педагогическое изд-во министерства просвещения РСФСР, 1948. 536 с.
22. *Бурачек С.О.* Возможность заменить винтовой движитель иным, более выгодным и безвредным // Морской сборник. 1860. №№ 5-6.
23. *Бурачек С.О.* Речь, произнесенная на открытии Академического курса морских наук // Кронштадтский вестник. 1862. № 96. Приложение.
24. *Павлюченко Ю.Н., Турмов Г.П.* Архитектура судов и кораблей: краткий морской словарь. 2-е изд., доп. М.: Ступени, 2001. 304 с.
25. *Бурачек Е.С., Бурачек В.В.* Воспоминания заамурского моряка. Жизнь во Владивостоке. 1861-1862 гг. Бурачек В.В. До и после Владивостока. Владивосток: ВИТ, 1999. 243 с.

РАЗВИТИЕ СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ДО КОНЦА XIX ВЕКА

А.Ф. Бурков, Дальрыбвтуз, Владивосток

На основании сбора и анализа исторических и технических сведений, предпринята попытка детально исследовать вопросы, связанные с развитием судовых ЭП до конца XIX века.

Около двух десятилетий после испытаний отечественным ученым Б.С. Якоби в 1838 г. первого электропривода (ЭП), о судовом ЭП не было значительных сведений.

«... Лишь в 1856 г., некий инженер фирмы Сирль, Ж.Е. Деринг построил на Темзе электрическую лодку, двигатель которой отличался оригинальным устройством: вращение его вызывалось магнитами, расположенными подобно гальванометрическим стрелкам, между проводочными оборотами, по которым проходил батарейный ток ...» [2].

Внедрение электрической энергии на судах было сопряжено с большими техническими трудностями, связанными, в основном, с повышенными требованиями к судовому электрооборудованию (ЭО), так как от его надежности зависит эффективность использования судна, его эксплуатационная безопасность, жизнедеятельность экипажа.

Характерными особенностями условий эксплуатации судового ЭО являются агрессивность окружающей среды, изменение его положения и удары корпуса судна, вибрация. Все это также повышает технические требования к судовым ЭП.

Однако технические и эксплуатационные преимущества электрифицированных приводов по сравнению с неэлектрифицированными, а именно: удобство распределения энергии, отсутствие сложных и громоздких трубопроводов, немедленная готовность к действию, простота и удобство пуска, возможность управления на расстоянии, автоматический пуск механизмов в зависимости от режима работы и др. – привели к неизбежному внедрению их на судах гражданского и в особенности военного флотов. Кроме того, использование электрифицированных приводов вспомогательных механизмов позволяет снизить расход пара по сравнению с паровыми вспомогательными механизмами до 20 % [3].

Применение электрической энергии на кораблях и судах началось с разработки и создания устройств гальванической стрельбы и электрического освещения. Необходимо отметить, что большинство открытий и достижений электротехники, включая ЭП, опробовалось и внедрялось на флоте, преимущественно военном.

В 1867 г. на учебном фрегате «Севастополь» был произведен одновременный выстрел из нескольких орудий при помощи электромагнитов на орудиях, которые управлялись дистанционно. Основными недостатками таких систем являлись необходимость большой гальваниче-

ской батареи и низкая надежность электромагнитов. Сотрясения, возникающие в первую очередь при стрельбе, выводили их из строя [4].

В 1869 г. на пароходах «Ижора» и «Ильмень» впервые были установлены магнитоэлектрические машины и применены дуговые прожекторы для боевого освещения.

В 1880 г. слушатели Кронштадтских артиллерийских классов лейтенант Мещерский и прапорщик корпуса морской артиллерии Алексеев составили проект «приложения гальванизма к управлению рулем» [5]. Это был первый проект автоматического рулевого устройства с возможностью ручного управления, который в результате не был доведен до технической реализации.

Общее развитие электротехники в XIX в. позволило создать и испытать в 1881 г. первую пригодную для практических целей лодку с гребным электрическим приводом «Electricity».

По этому поводу в докладе Н.Н. Константинова отмечено: «... первой, действительно пригодной электрической лодкой следует признать лодку «Electricity», построенную в Англии Рекендауном ... В качестве инженера «Electric Power Storage Company» в Лондоне он спроектировал аккумуляторную лодку ... Винт вращался двумя двигателями Сименса, электрическая энергия доставлялась 45-ю аккумуляторами Селлон Фолькмара ... Ток от сорока пяти элементов имел напряжение в 96 вольт и силу в 30 ампер, что доставляло примерно четыре лошадиных силы ... Чтобы заставить винт вращаться в обратную сторону, каждый двигатель имел по две пары щеток, расположенных по касательной. Устройство это оказалось на практике весьма удовлетворительным, так как удавалось весьма быстро останавливать лодку и давать ей задний ход. Двигатели работали ременной передачей на особый короткий вал-барабан, с которого, также помощью ремня, движение передавалось валу гребного винта. Штурвал и коммутаторный аппарат обслуживались одним и тем же лицом ...

На пробной поездке 28-го Сентября 1881 года, лодка свободно двигалась против ветра и течения из Мильвэля в Лондон, со средней скоростью 14,4 километров в час ...» [2].

На Международной (Всемирной) электротехнической выставке в Париже в 1881 г. демонстрировался гребной ЭП с «подвесным электромотором», сконструированный французским изобретателем Г. Труве. «... Электродвигатель постоянного тока, питаемый от батареи ... элементов, размещался на баллере руля лодки и приводил во вращение трехлопастной гребной винт посредством простейшей цепной передачи ...» [6].

В 1883 г. отечественный инженер-конструктор и изобретатель С.К. Джевецкий предложил Военно-инженерному ведомству реконструировать подводные лодки, созданные им с 1878 г. «... С согласия Военно-инженерного ведомства Джевецкий в 1883-1884 годах за свой счет реконструировал две подводные лодки, истратив на это дело более 15 000 рублей из личных средств ...» [7]. При реконструкции он за-

менил педальный механизм, при помощи которого осуществлялось вращение гребного винта, на устройство, включающее по одному электродвигателю (ЭД) на лодку. Мощность каждого ЭД составляла около 1 л.с. [7] (около 0,735 кВт). «... Для питания электродвигателей изобретатель разместил в лодочных трюмах по батарее ... электрических аккумуляторов. Эти аккумуляторы не были специально сконструированы для подводной лодки, поэтому Джевецкому пришлось преодолеть немало трудностей с их размещением и использованием ...» [7]. В результате реконструкции, на одной из лодок (четвертая модель) экипаж был сокращен до двух человек. «... Во время испытаний на Неве эта первая в мире подводная лодка с электрическим двигателем шла в подводном положении против течения со скоростью 4 узла ...» [7], что было несомненным достижением.

В это время производились и другие опыты с гребными ЭП, в том числе осенью 1883 г. в Кронштадте и летом 1884 г. в Биорке-Зунде. Опыты позволили разработать технические условия на изготовление и поставку ЭД для гребных ЭП [8].

Впоследствии судовые гребные ЭП выделились в отдельно развивающееся направление – электродвижение судов.

В 1884-85 гг. М.О. Доливо-Добровольский разработал пусковую схему ЭД постоянного тока параллельного возбуждения, благодаря которой с 1888 г. на многих кораблях начали применяться ЭП с двигателями постоянного тока [4].

В период с 1886 по 1887 гг., согласно [9,10], на крейсерах «Адмирал Корнилов», «Адмирал Нахимов» и «Лейтенант Ильин» впервые нашли применение электрические приводы вентиляторов.

Есть и другие сведения о первых судовых ЭП вентиляторов: «... в 1888-1889 гг. на многих боевых кораблях русского надводного флота начинают применяться электродвигатели постоянного тока. Первыми электрифицированными корабельными вспомогательными механизмами явились вентиляторы, установленные на крейсерах «Лейтенант Ильин», «Адмирал Корнилов» и «Адмирал Нахимов».

Электровентиляторы оказались надежными в работе, удобными в эксплуатации и нашли применение на всех строившихся впоследствии кораблях русского флота ...» [4].

К 1891 г. ЭП вентиляторов были установлены также на эскадренных броненосцах «Император Александр II» и «Император Николай I» [1].

В это время был поставлен вопрос о создании технических условий на изготовление ЭП вентиляторов («электровентиляторов»), так как их применение на судах «... до сих пор носит характер случайный ...» [11].

В 1891 г. в Новороссийске при выборе системы ЭП зерновых элеваторов и транспортеров были учтены имеющиеся данные по разработке и созданию трехфазных асинхронных двигателей (АД) и принято решение изготовить необходимые электрических машины в г. Новороссийске своими средствами. Вопреки Е.В. фон Сименсу, который предсказывал неудачу, машины были построены и успешно испытаны. Впо-

следствии новороссийский опыт изготовления и эксплуатации трехфазных асинхронных двигателей был использован и в судовом ЭП.

В феврале 1892 г. Морским Техническим Комитетом (МТК) был обсужден проект замены на строящемся эскадренном броненосце «Три Святителя» паровых двигателей механизмов (рулевого устройства, шпильевого устройства, вентиляторов, насосов, помп и артиллерийских установок) электрическими двигателями, разработанными электротехником Николаевского порта Нейманом, являющимся в то время наиболее образованным и осведомленным инженером-электриком [4]. Нейман отмечал: «... Полнейшая замена вспомогательных паровых механизмов электродвигателями уже вполне возможна в настоящее время ...» [12].

Кроме того, в проекте Неймана указано: «... Устройство, действие и способы обращения со всеми электродвигателями выработаны уже на практике. Самое большое затруднение встречается при устройстве рулевой машины, потому что она должна быть довольно большая, обладать передним и задним ходом и хотя управляться человеком, но управление это должно быть на расстоянии ...» [12].

Для большинства механизмов по проекту предлагалось использование шунтовых ЭД.

С 1892 г. стали внедряться электрифицированные приводы рулевых устройств следящего действия с реостатно-контроллерным управлением. Осенью 1892 г. на эскадренном броненосце Черноморского флота «Двенадцать Апостолов» впервые был установлен такой ЭП [3, 9]. Одним из его основных достоинств являлось то, что не надо было устанавливать некоторые дополнительные устройства, в частности указатели положения руля.

Успешные испытания рулевого ЭП на броненосце «Двенадцать Апостолов» явились значительным шагом для дальнейшего развития в широких масштабах судовых ЭП. Эти испытания способствовали принятию положительного решения по электрификации вспомогательных механизмов кораблей.

В 90-х гг. XIX в. получили развитие ЭП артиллерийских установок. Используемые до этого времени артиллерийские установки, не имеющие ЭП, были не только низкооперативными, но и опасными в применении.

В 1892 г., в письме МТК, подписанном Председателем, вице-адмиралом К.П. Пилкиным и исполняющим в то время должность главного инспектора артиллерии контр-адмиралом С.О. Макаровым, начальнику Черноморского Флота и помощнику старшего инженер-механика Нейману сообщается: «... В минувшем году, во время испытания крейсера «Адмирал Нахимов» комиссией произведен был выстрел из одного 8^{1/2} орудия, расположенного в башне, в то время, когда люди, стоявшие на рукоятках для вращения, не отошли еще от них. Случай этот имел следствием смерть одного из матросов и поранение нескольких других. Во избежание такого случая на будущее время МТК полагает устроить электрический привод для вращения башен ... Вам следует составить ... чертежи и описание ... устройства ...» [13].

Летом 1892 г. МТК принял решение об электрификации механизмов поворота башен артиллерийских установок [14].

В [15] приведены технические условия на ЭП для вращения носовой и кормовой башен крейсера «Адмирал Нахимов».

Свои услуги по проектированию ЭД для ЭП механизмов поворота башен крейсера «Адмирал Нахимов» предложили петербургские фирмы «Князь Тенишев и К^о» и «Сименс и Гальске». Установка была испытана в 1893 г. и дала положительные результаты. Таким образом, в 1893 г. отмечен первый опыт использования ЭП поворота носовой и кормовой башен 8-дюймовых орудий на крейсере «Адмирал Нахимов».

Внедрению ЭП на кораблях во многом способствовал адмирал С.О. Макаров. С его рекомендательным письмом в 1893 г. за границу, в частности во Францию, ездил инженер-технолог Н. Лесенко с целью ознакомления с ЭП башенных установок. По результатам этой поездки был сделан вывод о том, что сложнейшую задачу разработки и внедрения корабельного ЭП России придется решать самостоятельно [4].

В 1893. г. для крейсера «Рюрик» были изготовлены беседочные элеваторы и тележки с беседками «... для подъема 6-дюймовых патронов со снарядами, а также 120-мм унитарных патронов ...» [16].

С 1893 г. на броненосцах «Адмирал Сенявин», «Генерал-адмирал Апраксин», «Пересвет» и «Сисой Великий» устанавливаются ЭП лебедок грузоподъемностью 5 т и 8 т [4,9].

В 1894 г. впервые был организован конкурс проектов башенных установок 10-дюймовых орудий с применением гидравлических и электрических приводов для броненосцев «Генерал-адмирал Апраксин» и «Ростислав». В составлении конкурсных проектов приняли участие «Обуховский завод», являющийся с 1890 г. собственностью Морского министерства [4], «Путиловский завод» и «Санкт-Петербургский завод» [17]. По результатам конкурса, заказ для броненосца «Генерал-адмирал Апраксин» получил «Путиловский завод», а для броненосца «Ростислав» – «Обуховский завод». В обоих случаях предлагалось установить для артиллерийских башен ЭП.

В конце 1895 г. упомянутые выше заводы были вызваны на конкурс для поставки башенных установок 10-дюймовых орудий с применением ЭП для броненосцев «Ослябя» и «Пересвет», в результате заказ для обоих кораблей получил «Санкт-Петербургский завод».

В это время на кораблях, имеющих патронную артиллерию, стали устанавливаться беседочные элеваторы для подачи патронов к орудиям, разработанные «Санкт-Петербургским заводом». Элеваторы артиллерийских погребов изготовлялись и «Балтийским заводом», относящимся с 1895 г. также к Морскому министерству [18].

Для подъема патронов использовались электрические лебедки французской системы «Соте-Гарле» («Сотт, Гарлей и К^о» [19]), поставляемые фирмой «Дюфлон и Константинович» [4].

Наряду с развитием ЭП артиллерийских установок, развивались и ЭП других корабельных механизмов.

В отчете по Морскому ведомству за 1894-1896 гг. отмечается: «... Применение электрической энергии для судовых надобностей с каждым годом расширяется. В предшествующий ... период динамомашинны устанавливались исключительно для боевого и палубного электрического освещения. В настоящее же время новейшие суда, вследствие большого удобства и компактности электродвигателей, сравнительно с вспомогательными паровыми машинами, снабжаются электродвигателями для управления рулем, башнями, шпильми, элеваторами для подачи патронов и пр. Это обстоятельство заставило увеличить число динамо-машин на судах и, кроме того, повысить в них напряжение тока ...» [17].

К механизмам, переводимым на ЭП, следует также отнести шпили, лебедки для подъема мин и др.

В 1895 г. на «Балтийском заводе» впервые в России было организовано производство судовых ЭД [20].

По данным, приведенным в [21], в 1897 г. «...Была установлена первая грузовая лебедка отечественного производства на транспорте «Европа» ...» для подъема мин заграждения.

Развитие корабельной электротехники и растущее внедрение на кораблях ЭП различных механизмов делало необходимым увеличение поставок для нужд флота комплектующих частей ЭП, и в первую очередь ЭД. В 1897 г. «Электромеханический завод» Санкт-Петербурга был способен изготавливать ЭД мощностью 112 л.с. (около 82 кВт) для шпелей броненосца «Ослябя» [3].

Высокие пошлины на импортные электрические машины и ограниченный их выпуск в России ставили вопрос о расширении отечественного производства. Для ЭП корабельных механизмов в 1897 г. впервые были объявлены разработанные «технические условия для выделки и приемки электрических машин в казну» [4].

В октябре 1897 г. главному минеру порта Кронштадта полковнику Петрову была поставлена задача составить проект устройства и оборудования мастерской для производства ЭД. При создании мастерской был учтен новороссийский опыт. Активное участие в работах принимал электротехник Кронштадтского порта капитан Соловьев.

К концу 1897 г. «Балтийским заводом» была разработана система рулевого ЭП для броненосца «Пересвет» [22].

Обобщая опыт эксплуатации электрифицированных корабельных вспомогательных механизмов и сделав «Балтийскому заводу» ряд замечаний по разработанной системе рулевого ЭП, МТК в мае 1898 г. принял официальное решение установить электрическое управление рулем на всех строящихся броненосцах русского флота. В журнале МТК по кораблестроению, датированном 4 мая 1898 г., приведено следующее указание:

«... 1) На всех строящихся и будущих броненосцах и крейсерах нашего флота ... установить для управления рулем по 2 электродвигателя, действующих каждый от особой цепи проводников для немедлен-

ного перехода в случае порчи одного на другой, двигатели эти располагать по возможности удаленными друг от друга и, кроме того, иметь паровую машину на случай неисправности обоих электродвигателей ...

3) Признать желательным немедленную установку электродвигателя на одном из судов Артиллерийского Отряда Балтийского моря для испытания его в кампанию настоящего года ...» [4].

Начиная с 1898 г. на крейсере «Диана» и др. стали использоваться ЭП якорных устройств [3].

В этом же году вышло «Положение о снабжении судов по электротехнике и расходным материалам» [4].

К 1899 г. электротехник Балтийского завода А.В. Шубин разработал проект использования системы «генератор-двигатель» (Г-Д) для управления рулем и довел его до технической реализации. В январе 1899 г. «Балтийский завод» представил этот проект рулевого ЭП для крейсера «Громобой», который предполагалось применить и для других кораблей.

Начальник Балтийского завода К.К. Ратник [23] в отношении главному инспектору минного дела МТК 21 января 1899 г. отмечал: «... Согласно замечаний Вашего превосходительства в отношении от 10 апреля 1898 г. по вопросу об управлении рулевым электродвигателем броненосца «Пересвет» имею честь представить ныне чертежи ... показывающие схему соединений проводников и аппаратов электрического управления и действия рулем, предлагаемого Балтийским заводом на крейсере I ранга «Громобой».

Предлагаемая система электрического управления рулем удовлетворяет всем практическим условиям приемов этого управления в море, как паром, так и вручную ...» [24]. Все электрические машины имели независимое возбуждение. Схема обеспечивала управление перекладкой руля по симпатическому принципу.

Кроме ЭП системы Г-Д с отдельным парогенератором, А.В. Шубиным была предложена система Г-Д, включаемая в общекорабельную сеть [4].

Есть и другие данные о применении системы Г-Д Шубина.

Сиверс П.Л. в книге «Судовые электроприводы» пишет, что система Г-Д «... по проекту электрика Николаевского порта А. В. Шубина была применена для рулевых электроприводов ... на крейсерах «Паллада», «Громобой» и на эскадренном броненосце «Пересвет» в период с 1894 г. по 1896 г. ...» [9].

Какие-либо сведения о том, что подобные системы использовались в это время на флотах других стран, обнаружить не удалось, что указывает на то, что вероятнее всего А.В. Шубин самостоятельно разработал систему Г-Д для рулевого устройства.

Главный инспектор минного дела в отношении от 9 февраля 1899 г. начальнику «Балтийского завода» по поводу представленной системы Г-Д для управления рулем отмечал: «... Схема предполагаемого электрического управления рулем на крейсере «Громобой» ... теоретически

обеспечивает такое управление, хотя это и достигается тремя динамо-машинами и одним возбудителем и двойным переходом энергии из одного вида в другой. Нет сомнения, что при таком устройстве, руль будет переключаться по желанию в свои крайние положения, но является опасность, что для малых изменений в его положении, аппараты будут недостаточно чувствительны и не всегда будут правильно действовать ... Минный отдел не высказывает окончательно своего мнения о применимости ее для крейсера «Громобой» и других судов, пока не убедится в целесообразности ее на деле ...» [25]. МТК принял решение произвести предварительное испытание разработанной Шубиным и представленной «Балтийским заводом» системы Г-Д для управления рулем в электротехнической мастерской. Испытания были назначены на середину февраля 1899 г. и вероятнее всего прошли успешно.

Кроме рулевого ЭП системы Г-Д, представленной «Балтийским заводом», МТК в феврале 1899 г. рассмотрел также проекты рулевого привода, разработанные и представленные фирмами «Сименс и Гальске» и «Унион». В отношении МТК от 23 февраля 1899 г., подписанном председателем МТК, вице-адмиралом И.М. Диковым [26] приведен сравнительный анализ этих систем и сделано соответствующее заключение:

«... 1. Наиболее совершенное и надежное управление рулем достигается по системе Балтийского завода. В этой системе сохранен штурвал ... и руль точно следит за движением штурвала. Всякие контактные устройства, так часто подвергающиеся порче, совершенно устарены, но для действия системы требуется иметь три большие динамо-машины почти одинаковой силы и одну небольшую, которая должна служить возбудителем.

2. Самое простое управление рулем представлено фирмой Сименс и Гальске. В ... проекте эта фирма ... отступает от принятого у нас принципа согласовывать положение руля с положением штурвала. Хотя управление и производится с помощью штурвала, но этот штурвал поворачивается ... лишь на определенный угол и заменяет собой ручку замыкателя. Таким образом, рулевой, замкнув один из контактов, должен судить о положении руля по рулевому указателю и разомкнуть ток, когда стрелка указателя придет в требуемое положение. Кроме того, для перемены направления кладки руля применены электрические муфты трения. Эти муфты ... для такого сильного и ответственного двигателя, как рулевой ... следует считать малонадежными и, во всяком случае, мало испытанными, так как для двигателей в 100 сил они до сих пор не применялись. Зато система Сименс и Гальске требует всего одного двигателя.

3. Проект фирмы Унион занимает ... средину между проектами Балтийского завода и фирмы Сименс и Гальске. По этому проекту штурвал ворочается постепенно, и руль кладется с возрастающей силой, но с остановкой штурвала руль не останавливается, а продолжает двигаться до тех пор, пока штурвал не будет переведен в нулевое положение.

Вследствие этого приходится установить предохраняющее приспособление, чтобы не свернуть голову руля. Такое же приспособление устанавливается и по проекту Сименс и Гальске. Для переключивания руля фирма Унион предлагает ... два электродвигателя одинаковой силы, вращающиеся в разные стороны и связанные планетарной системой зубчаток.

Таким образом, лучшим следует считать проект Балтийского завода, затем фирмы Унион и, наконец, фирмы Сименс и Гальске.

Ввиду того, что электрическое управление рулем является еще новым делом совершенно не испытанным, МТК полагает полезным допустить к установке все три вышеупомянутые устройства и, сделав сравнительные их испытания, выбрать лучшую систему и принять ее для всех судов флота ... Следует ... потребовать гарантии от фирм в том, что сделанные ими установки в случае неудовлетворительности их работы будут взяты ими обратно ...» [27].

В марте 1899 г. управляющий Морским министерством распорядился установить рулевые ЭП «Балтийского завода», кроме эскадренного броненосца «Пересвет», на крейсерах «Громобой» и «Паллада», фирмы «Сименс и Гальске» – на крейсере «Аврора», а фирмы «Унион» – на крейсере «Диана» [4].

Рулевая установка «Балтийского завода» включала в себя рулевой электрогидравлический привод с управлением рулевым ЭД с мостика и паровой с электрическим управлением золотником.

В 1899 г. были пересмотрены «технические условия для выделки и приемки электрических машин в казну» и сделаны дополнения к «Положению о снабжении судов по электротехнике и расходным материалам» [4].

С момента появления электричества на судах ставится вопрос о его влиянии на различные судовые устройства и приборы. Это видно, например, из отношения главного инспектора минного дела МТК контр-адмирала Остелецкого К.С. [28] начальнику Балтийского завода от 1 апреля 1899 г.: «... Вследствие необходимости изучить влияние на судовые компасы электрического управления рулем системы г. Шубина Технический Комитет просит допустить к осмотру и изучению этой системы заведующего компасной частью лейтенанта Оглоблинского и его помощника г. Доброва ...» [29]. Это была одна из первых попыток оценки электромагнитной совместимости различных судовых устройств.

В том же 1899 г. появилась система рулевого ЭП следящего действия, основанная на принципе мостовой схемы и выгодно отличающаяся от предыдущих систем функционированием без разрыва главной цепи. Рулевые ЭП этого типа были установлены на эскадренных броненосцах «Император Александр III», «Князь Суворов» и «Слава», построенных на «Балтийском заводе» [30].

К концу 1899 г. на эскадренном броненосце «Пересвет» были проведены ходовые сравнительные испытания механического, гидравлического и электрического приводов системы Г-Д рулевой установки,

управляемой с ходового мостика. По результатам испытаний специальная комиссия признала систему «годной для приема в казну» [4].

К 1900 г. были изготовлены и испытаны башенные установки с ЭП для 10-дюймовых орудий на броненосцах «Генерал-адмирал Апраксин», «Пересвет» и для 12-дюймовых орудий на броненосце «Ретвизан» [4].

Замена до 1900 г. гидравлических приводов башенных установок 10-дюймовых и 12-дюймовых орудий, электрическим приводом по программам Морского министерства позволила, в частности, уменьшить время заряжания для одного выстрела с 90 с до 60 ... 70 с [31].

В это же время рассматривался вопрос об электрификации шпиль на крейсерах I ранга «Аврора», «Диана», «Паллада», а затем – на крейсере «Пересвет» [4].

К концу XIX в. стали проектироваться и изготавливаться ЭП шпильных механизмов для многих отечественных кораблей.

В заключении необходимо отметить следующее. Известно, что в настоящее время ЭП являются основными потребителями электрической энергии на судах. На их долю приходится до 90 % электроэнергии, вырабатываемой судовой электростанцией [21].

Несмотря на то, что первый судовой ЭП был создан и апробирован в России в 1838 г., в силу ряда объективных и субъективных причин около двух последующих десятилетий сколько-нибудь существенных отечественных экспериментальных исследований в этом направлении не отмечено.

Возобновление работ в области судовых ЭП было осуществлено за пределами России.

Одной из основных причин замедленного внедрения ЭП в рассматриваемый исторический период являлось отсутствие достаточно мощного и экономичного источника электрической энергии.

По представленным сведениям, можно сделать вывод о том, что на отечественном флоте интенсивность работ по разработке и внедрению судовых ЭП в XIX в. приходится на последнее десятилетие.

Библиографический список

1. Бурков А.Ф. Возникновение и развитие судовых электроприводов до конца XIX века. Владивосток: Мор. гос. ун-т им. адм. Г.И. Невельского, 2006. 145 с.

2. Константинов Н.Н. Краткий исторический очерк электрического судодвижения. Доклад на Первом Всероссийском электротехническом съезде. СПб.: Главное Управление Уделов, 1900. 24 с.

3. Фрейдзон И.Р. Судовые электромеханизмы. Л.: Судпромгиз, 1958. 501 с.

4. Тихонов В.В. История развития корабельного электропривода. Л.: Высшее Военно-морское инженерное ордена Ленина училище им. Ф.Э. Дзержинского, 1953. 87 с.

5. Российский государственный архив Военно-морского флота / МТК. Кораблестроительный отдел, 1880. Фонд 421. Описание 16.
6. *Трегубенко Л.Е.* Электрические подвесные моторы // Катера и яхты. 1970. № 1. С. 61-67.
7. *Быховский И.А.* Корабельных дел мастера / Под ред. В.В. Ашика. Л.: Судпромгиз, 1961. 216 с.
8. Российский государственный архив Военно-морского флота / МТК. Минная часть, 1883-1885. Фонд 421. Описание 19. Дело 20.
9. *Сиверс П.Л.* Судовые электроприводы. Л.: Морской транспорт, 1962. 476 с.
10. *Хомяков Н.М., Михайлов В.С.* Судовые электроприводы. Л.: Судостроение, 1969. 416 с.
11. Российский государственный архив Военно-морского флота / 1891. Фонд 421. Дело 30. Л. 16.
12. Российский государственный архив Военно-морского флота / МТК. Минная часть, 1892-1893. Фонд 421. Дело 18.
13. Российский государственный архив Военно-морского флота / Артиллерия, 1892. Фонд 421. Дело 54. Л. 1-2.
14. Российский государственный архив Военно-морского флота / ГУКС, 1892-1896. Описание 2. Дело 76.
15. Российский государственный архив Военно-морского флота / 1893. Фонд 421. Описание 29. Дело 55. Л. 40.
16. *Тихонов В.В.* Корабельные электроприводы. М.: Военно-морское издательство, 1952. 408 с.
17. Российский государственный архив Военно-морского флота / Отчет по Морскому Ведомству, 1894-1896. С. 75-77.
18. Энциклопедия Санкт-Петербурга [Электронный ресурс] / (<http://www.enc.fond.spb.ru/article>).
19. Уфимские Ведомости [Электронный ресурс] / (<http://vedomosti.journal-ufa.ru/showinf>).
20. Балтийский завод, Baltiysky zavod Исторические даты [Электронный ресурс] / (<http://www.bz.ru/h601r>).
21. *Сиверс П.Л.* Судовые электроприводы. 2-е изд. М.: Транспорт, 1975. 456 с.
22. Российский государственный архив Военно-морского флота / 1898. Описание 34. Дело 55. Л. 1.
23. Хронографъ – неизвестные страницы истории [Электронный ресурс] / (<http://hronograf.org.ru/09/ima>).
24. Российский государственный архив Военно-морского флота / 1898. Описание 34. Дело 55. Л. 13.
25. Российский государственный архив Военно-морского флота / 1898. Описание 34. Дело 55. Л. 16.
26. Корабел.ру – личности, кораблестроители, история [Электронный ресурс] / (<http://www.korabel.ru/persones/detail/5/1079091383>).
27. Российский государственный архив Военно-морского флота / 1898. Описание 34. Дело 55. Л. 20.

28. История телевидения [Электронный ресурс] / (<http://www2.internews.ru/tvhistory/1/6>).

29. Российский государственный архив Военно-морского флота / 1898. Фонд 421. Опись 34. Дело 55. Л. 28.

30. Полонский В.И. Судовые электроприводы. М.; Л.: Морской транспорт, 1952. 512 с.

31. Российский государственный архив Военно-морского флота / Отчет Морского ведомства, 1897-1900. С. 100-107.

УДК 629.12

ЭЛЕКТРОХОДЫ В РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОМ ФЛОТЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

**В.Ф. Веревкин, МГУ имени адмирала Г.И. Невельского,
Владивосток**

Рассматривается в историческом аспекте использование гребных электрических установок на судах рыбохозяйственного флота на Дальнем Востоке нашей страны

Электродвижение, т.е. использование на судах гребных электрических установок (ГЭУ), получило известное распространение на различных судах морского и речного торгового, военного, технического, вспомогательного, а также промыслового флота. Основными достоинствами ГЭУ, которые способствовали применению их на промысловых судах, стали: повышенная надежность и живучесть энергетических установок; возможность широкой стандартизации и унификации элементов энергоустановки, что позволило широко внедрять агрегатный метод ремонта; хорошая приспособляемость к условиям плавания; отличные маневренные и тяговые качества, а также возможность отбора мощности от ГЭУ на питание общесудового и технологического оборудования.

Использование электродвижения на судах рыбопромыслового и рефрижераторного флота на Дальнем Востоке во второй половине XX в. способствовало в то время повышению эффективности рыбохозяйственной деятельности. В 80-х гг. XX в. численность рыбопромысловых электроходов в дальневосточном регионе превышала более ста единиц, что составляло около 60 % от общей численности всех дальневосточных судов с электродвижением.

В настоящей статье будет представлен обзор использования ГЭУ на дальневосточных судах рыбопромыслового флота за исторический период со середины XX в. по настоящее время.

Первые электроходы на Дальнем Востоке появились в начале XX в., когда на дальневосточные верфи по железной дороге поступили восемь канонерских лодок типа «Шквал», построенные в Петербурге. Эти

канонерские лодки эксплуатировались до 1958 г., когда они после почти 48-летней службы были сданы на слом.

В 1949 г. в Ленинграде состоялась первая всесоюзная конференция по проблемам электродвижения судов, на которой были приняты решения, имевшие большое практическое значение и послужившие толчком для широкого внедрения электродвижения на судах отечественного флота. Началом широкого строительства электроходов в нашей стране стал 1950 г., в котором был введен в строй первый отечественный танкер «Генерал Азии-Асланов», оборудованный дизель-электрической ГЭУ постоянного тока. Опыт эксплуатации этого судна показал многие достоинства ГЭУ, и электроходы в нашей стране начали строить серийно.

На Дальний Восток с 1956 г. стали поступать для обслуживания рыбодобывающего флота транспортные рефрижераторы типа «Актюбинск» («Волочаевск», «Иван Степанов», «Красногвардейск», «Краматорск», «Курган», «Титания», «Целиноград» (быв. «Акмолинск») и «Ярославль»). Эти суда были оборудованы одновальными дизель-электрическими гребными электрическими установками (ДЭГУ) постоянного тока мощностью 5160 кВт (рис. 1). Цепи главного тока на этих судах коммутировались одним переключателем (селектором) на семь режимов работы ГЭУ.

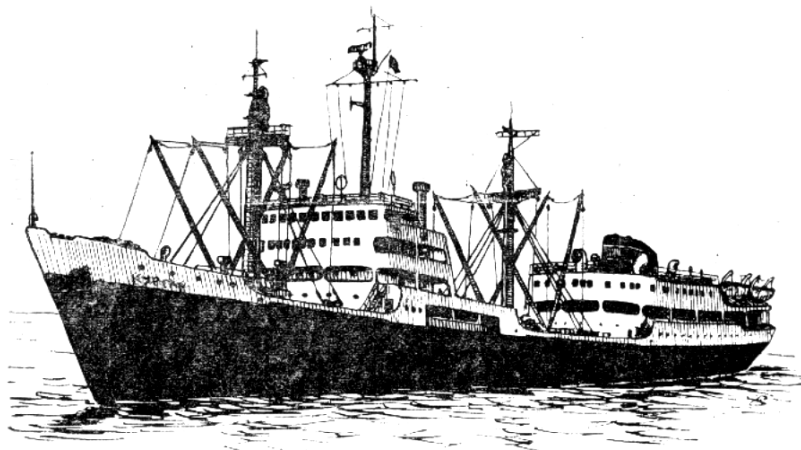


Рис. 1. Транспортный рефрижератор «Курган» (типа «Актюбинск»)

К 1970 г. в отечественном флоте насчитывалось уже свыше 400 электроходов, а в 1971 г. их было уже 470. Из них 367 электроходов были построены на отечественных судостроительных заводах, а 101 на зарубежных. На дальневосточном бассейне в это время эксплуатировалось около 160 электроходов более двадцати типов. Это были линей-

ные и портовые ледоколы, ледокольно-транспортные суда, буксиры, суда технического флота, а также транспортные и производственные рефрижераторы и китобойные суда.

Большинство дальневосточных электроходов было построено на отечественных верфях. Так, только китобойных судов типа «Мирный» (рис. 2) на Дальний Восток для китобойных флотилий «Советская Россия», «Владивосток» и «Дальний Восток» поступило 54 единицы («Мирный», «Авангард», «Бойкий», «Быстрый», «Важный», «Ведущий», «Величавый», «Верный», «Великодушный», «Вдохновенный», «Взыскательный», «Видный», «Вкрадчивый», «Властный», «Влиятельный», «Внушительный», «Вразумительный», «Встречный», «Волевой», «Вольный», «Восторженный», «Восхитительный», «Выразительный», «Выносливый», «Гневный», «Гуманный», «Дружный», «Задорный», «Закаленный», «Заметный», «Звездный», «Звонкий», «Зовущий», «Зоркий», «Свирепый», «Секущий», «Сильный», «Суровый», «Разящий», «Расторопный», «Резкий», «Рекордный», «Ретивый», «Решительный», «Рьяный», «Комсомолец», «Комсомолец Приморья», «Комсомолец Украины», «Павел Фролов», «Иван Носенко», «трудфронт», «Энтузиаст»).

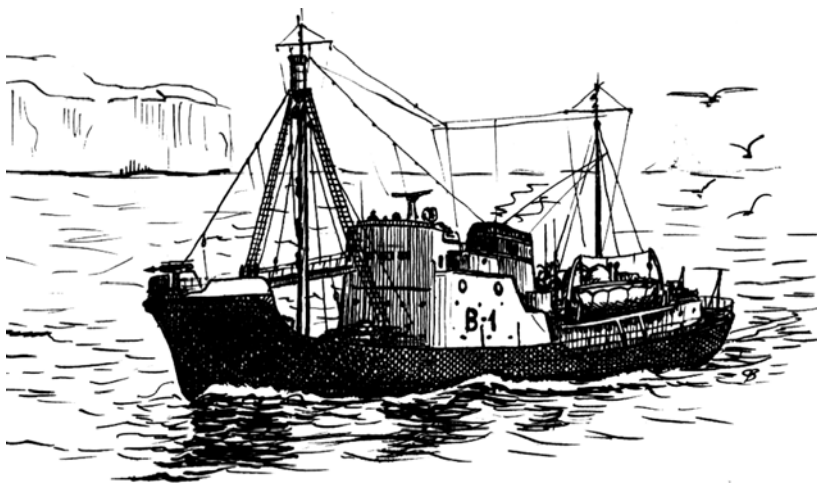


Рис. 2. Китобойное судно типа «Мирный»

Все китобойные суда были оборудованы однофазной ДЭГУ постоянного тока мощностью 2950 кВт (четыре генератора по 760 кВт работали на один двухъякорный гребной электродвигатель). Коммутация главной цепи осуществлялась двумя селекторными переключателями на три положения, что обеспечивало пятнадцать вариантов работы ГЭУ. При необходимости один из генераторов можно было с помощью перемычек подключать на питание общесудовой сети.

Промысловый флот Дальрыбы в то время насчитывал более пяти-сот единиц, для перевозки продукции требовалось много рефрижераторов. Так, в 80-е гг. на дальневосточный бассейн поступило двадцать производственных рефрижераторов типа «Таврия» (рис. 3). Вот их полный перечень: «Дальневосточный», «Алтаир», «Андрей Евданов», «Боевой», «Ветеран», «Виталий Бонивур», «Витим», «Геннадий Невельской», «Гуцул», «Дмитрий Часовитин», «Михаил Янко», «Молодежный», «Мореход», «Монгол», «Космонавт», «Наманган», «Нанаец», «Ирбит», «Искона», «Ишим», «Сухиничи». Все эти суда были оборудованы ГЭУ подобной установкам на китобойцах с возможностью отключения с помощью селектора одного из генераторов ГЭУ на питание рефустановки. Моряки их называли «горбачами».

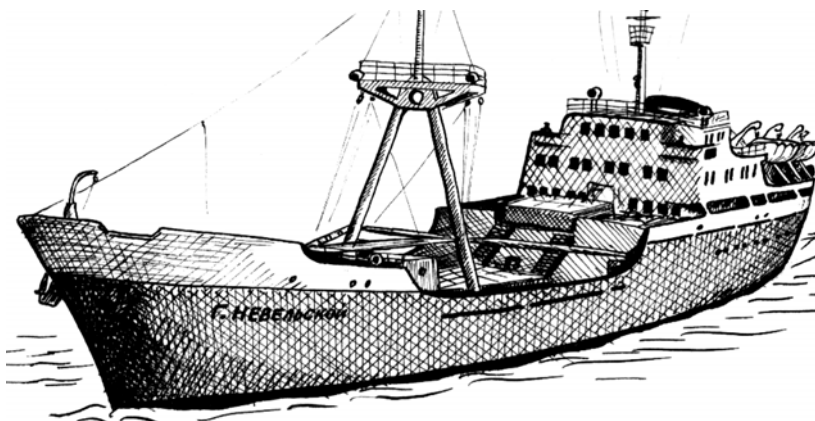


Рис. 3. Производственный рефрижератор типа «Таврия»

В эти же годы поступило семь производственных рефрижераторов типа «Севастополь» («Арсеньев», «Вологда», «Волчанск», «Забайкалье», «Космонавт Комаров», «Чуркин», «Эгершельд»). Эти электроходы (рис. 4) были оборудованы ДЭГУ постоянного тока такой же, как на судах типа «Актюбинск», с коммутацией цепи главного тока двумя селекторами.

Наиболее современными по исполнению были транспортные рефрижераторы типа «Сибирь» (рис. 5), оборудованные одновальной ДЭГУ постоянного тока мощностью 5150 кВт. Коммутация цепей главного тока на этих электроходах осуществлялась двумя селекторами на шесть положений и позволявшими получить 33 режима работы ГЭУ. Вот полный перечень судов этого типа, эксплуатировавшихся на дальневосточном бассейне в разные годы: «Сибирь», «Василий Верещагин», «Виктор Васнецов», «Иван Крамской», «Архип Куинджи», «Василий Перов», «Художник Сергей Герасимов», «Художник Дейнека»,

«Художник Врубель», «Золотой Рог», «Маршал Малиновский», «Маршал Рокоссовский», «Горец», «Алмазный», «Гранитный», «Сатурнас» (быв. «Ханс Пегельман») и «Улан Удэ».

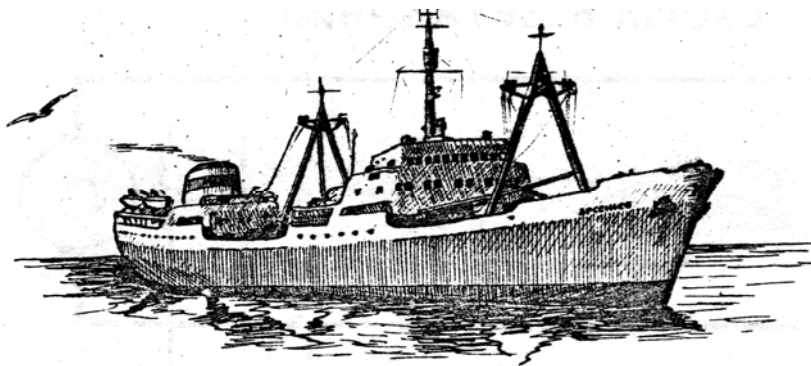


Рис. 4. Производственный рефрижератор «Арсеньев» (типа «Севастополь»)

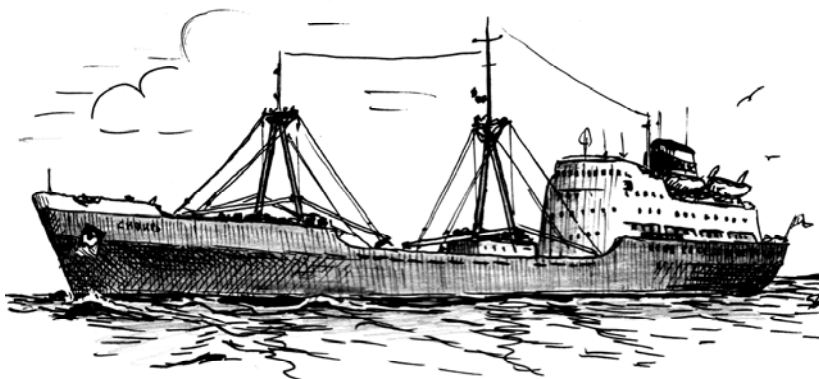


Рис. 5. Транспортный рефрижератор типа «Сибирь»

К 1980 г. в отечественном флоте эксплуатировалось уже более 500 электроходов шестидесяти типов, из них на Дальнем Востоке находилось около 200 электроходов более чем 30 типов. Это был наиболее благоприятный период для электродвижения как в целом в стране, так и на Дальнем Востоке. Последними серийными электроходами, пополнявшими рыбацкий флот на Дальнем Востоке стали рыболовно-зверобойные суда польской постройки типа «Зверобой» (рис. 6).

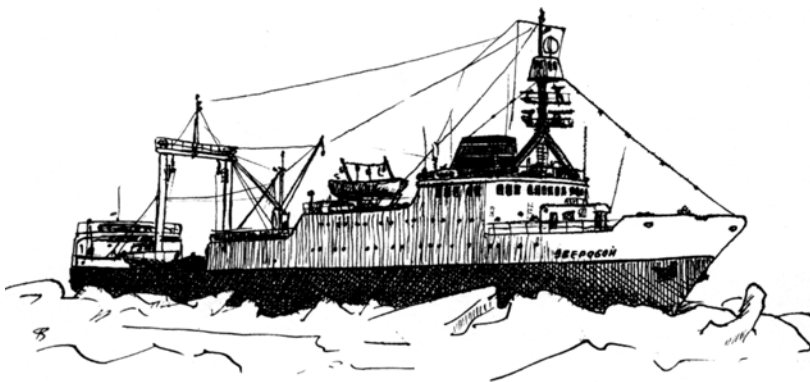


Рис. 6. Рыболовно-зверобойное судно типа «Зверобой»

ГЭУ судов типа «Зверобой» была спроектирована фирмой «Сименс». Особенностью этой ГЭУ является наличие двух режимов работы ГЭУ: на переходах ГЭУ работала по традиционной системе «генератор-двигатель», а на промысле – по системе неизменного тока, что позволяло в цепь главного тока помимо якорей главных электрических машин ГЭУ, включать и якоря электродвигателей промысловых механизмов. Коммутация цепей главного тока осуществлялась, как на ледоколах, специальными выключателями без разрыва цепи главного тока, т.е. без перерыва питания гребных электродвигателей. Всего судов типа «Зверобой» насчитывалось 14 единиц: «Залесово», «Заслоново», «Захарово», «Звиягино», «Зверово», «Заречье», «Загоряны», «Загорск», «Задорье», «Зыково», «Зубарево», «Мезень», «Титовка», «Харлово».

Для обслуживания рыбопромыслового флота используются буксиры-спасатели типа «Буслай» («Напористый», «Евгений Краснов» – (быв. «Сноровистый»), «Преданный»). В период перестройки сахалинские рыбаки приобрели несколько неновых траулеров типа «Алтай» («Аскания», «Копет-Даг», «Памир», «Поволжье») отечественной постройки с ДЭГУ переменного тока, а также траулер-рыбозавод «Полярник» зарубежной постройки.

Помимо электроходов с автономной (главной) гребной электрической установкой в дальневосточном рыбопромысловом флоте эксплуатировались суда с комбинированной ГЭУ. Такие гребные установки применялись на рефрижераторах датской постройки «Де Кастри» и «Полана», на рыболовных траулерах типа «Атлантик-2» постройки ГДР. Комбинированные энергоустановки с использованием синхронных двигателей мощностью около 3 кВт были применены на пятнадцати траулерах-рыбозаводах типа «Содружество» испанской постройки.

В таблице приведены основные технические характеристики основных электроходов дальневосточного флота рыбохозяйственной отрасли.

Таблица

Дальневосточные электроходы промыслового флота

№	Назначение, тип электрохода	Страна, год постройки	Тип и мощность ГЭУ, кВт	Водоизмещение, т
1	Транспортные рефрижераторы типа «Акмолинск» («Курган»)	СССР, 1956	ДЭГУ = 5160	10400
2	Китобойные суда типа «Мирный»	СССР, 1959	ДЭГУ = 2950	1273
3	Производственные рефрижераторы типа «Севастополь»	СССР, 1959	ДЭГУ = 5150	8970
4	Производственные рефрижераторы типа «Таврия»	СССР, 1960	ДЭГУ = 2950	4990
5	Транспортные рефрижераторы типа «Сибирь»	СССР, 1962	ДЭГУ = 5150	10500
6	Буксиры-спасатели типа «Буслай»	СССР, 1974	ДЭГУ = 1900	1620
7	Рыболовно-зверобойные суда типа «Зверобой»	Польша, 1977	ДЭГУ = 1690	2700

В отдельные периоды (70-80-е гг. прошлого века) в дальневосточном рыбопромысловом флоте одновременно эксплуатировалось до ста электроходов, а всего в рыбохозяйственном флоте на Дальнем Востоке нашей страны за исторический период (XX в.) насчитывалось около 130 электроходов с ГЭУ автономного типа.

Настоящая статья посвящена в основном историческим аспектам применения электроходов в рыбопромысловом флоте. Техническим особенностям ГЭУ уделено меньше внимания. Тем не менее следует отметить несколько особенностей дальневосточных рыбацких электроходов.

На всех электроходах отечественной постройки в качестве возбудителей главных генераторов использовались трехобмоточные возбудители, в основном обеспечивающие требуемые режимы работы ГЭУ без существенных перегрузок. Только на судах типа «Зверобой» были применены более современные полупроводниковые системы возбуждения.

ГЭУ на всех электроходах отечественной постройки были созданы на базе только двух типов дизель-генераторов: 5Д50 (китобойные суда и рефрижераторы типа «Таврия») и 3Д100 (рефрижераторы типов «Актюбинск», «Севастополь» и «Сибирь»).

ГЭУ электроходов обслуживались большой армией электромехаников, в лучшие времена насчитывающей до 500 человек. Труд судовых электромехаников был ответственным, так как от их квалификации зависели и производственные показатели, и судьба всего судна. Особенно тяжело было работать на китобойных судах, рейсы длились по семь-восемь месяцев. Труд китобоев в условиях Антарктики можно считать героическим. Из многочисленной когорты электромехаников-китобоев можно назвать Л. Ефремова, Е. Лысенко, А. Кузнецова, Г. Комиренко, Н. Никифорчука, В. Товбу, Н. Михняка, Г. Головейко, В. Долго-

го, В. Дмитриева, О. Суханова, В. Иващенко, П. Олянича, Е. Прохоренко, А. Малявку, И. Третьякова, Г. Акчурина и многих других. Электромеханическую службу в Управлении китобойных флотилий возглавлял И.И. Горбатенко.

В настоящее время электроходный флот на Российском Дальнем Востоке стал малочисленным. Почти все старые электроходы списаны, но точку в судьбе электродвижения ставить еще рано. В морском торговом флоте уже стали появляться суда с ГЭУ на переменном токе качественно нового типа. Можно надеяться, что и дальневосточный промысловый флот в ближайшем будущем пополнится новыми судами, в том числе и электроходами.

Библиографический список

Веревкин В.Ф. Электроходы на Дальнем Востоке. Владивосток: МГУ им. адм. Г.И. Невельского, 2006. 134 с.

УДК 629.5.058

ЭВОЛЮЦИЯ ГИРОСКОПА

В.В.Карасев; Н.В. Вовченко, Дальрыбвтуз, Владивосток

Рассматриваются существующие и разрабатываемые типы гироскопических чувствительных элементов и история их создания. Обсуждается применение гироскопов в различных областях техники. Анализируются тенденции развития современной гироскопии.

Термин гироскоп, который можно перевести как «наблюдатель вращений» (от греч. *gyros* – круг, *gyroi* – кружусь, вращаюсь и *scopéo* – смотрю, наблюдаю), был предложен в 1852 г. французским ученым Леоном Фуко для изобретенного им прибора, предназначенного для демонстрации вращения Земли вокруг своей оси. Фуко поместил вращающийся маховик в некоторое устройство, называемое кардановым подвесом, поэтому долгое время слово гироскоп использовалось для обозначения быстро закрученного вращающегося симметричного твердого тела. Согласно законам классической ньютоновской механики, скорость поворота оси гироскопа в пространстве обратно пропорциональна его собственной угловой скорости и, следовательно, ось очень быстро закрученного гироскопа поворачивается столь медленно, что на некотором интервале времени ее можно использовать в качестве указателя неизменного направления в пространстве. И хотя опыт с первым гироскопом Фуко оказался не совсем удачным, морские и военные применения гироскопов потребовали совершенствования гироскопических приборов быстро нарастающими темпами.

Простейшим гироскопом, с необыкновенными свойствами которого мы знакомимся еще в детстве, является волчок. Парадоксальность поведения волчка заключается в его сопротивлении изменить направление оси вращения. При действии внешней силы ось волчка (гироскопа) начинает двигаться (прецессировать) в направлении, перпендикулярном вектору силы. Именно в силу этого свойства вращающийся волчок не падает, а его ось описывает конус вокруг вертикали; это движение называется регулярной прецессией тяжелого твердого тела. Погрешность гироскопа измеряется скоростью ухода его оси от первоначального положения. При этом ось собственного вращения будет в точности совпадать с требуемым направлением инерциального пространства – направлением на неподвижную звезду. Как иногда говорят моряки, хороший гироскоп – это «звезда в бутылке». Не беда, что небо заволочло туманом или его скрывает многометровая толща воды, гироскоп, раскрученный в начале плавания, подобно путеводной звезде, будет указывать верный курс. Однако из-за трения о воздух гироскоп Фуко быстро тормозился, да и возмущающие моменты в осях карданового подвеса были очень велики. Скорость дрейфа гироскопа Фуко превышала скорость вращения Земли, и при демонстрациях в учебных кабинетах он, к большой радости студентов, мог показать, что Земля вращается в противоположную сторону.

Область применения гироскопа

Впервые уравновешенный гироскоп нашел практическое (к сожалению, негуманное) применение в устройстве для стабилизации курса торпеды, изобретенном в 80-х гг. прошлого столетия инженером Обри. Гироскоп Обри устанавливался в кардановом подвесе так, чтобы его ось вращения была параллельна продольной оси торпеды. Ротор гироскопа приводился во вращение за несколько секунд до выстрела, когда ось торпеды была уже направлена на цель. При движении торпеды гироскоп продолжал сохранять исходное направление и при возникновении отклонений торпеды поворачивал ее рули таким образом, чтобы обеспечить неизменность курса. Аналогичные приборы в различных вариантах исполнения и под разными наименованиями в 20-х гг. нашего столетия стали использовать также на самолетах для указания курса (гироскопы направления, гироскопы компасы), а позднее для управления движением ракет. Гироскопы нашли применение при прокладке туннелей для метро и железнодорожного транспорта (наземные маркшейдерские гироскопы), при выяснении формы буровых скважин (инклинометры), а также в качестве компасов сухопутной артиллерии. Они используются при стабилизации стволов танковых орудий и в орудийных прицелах зенитной артиллерии.

В настоящее время гироскопические приборы и системы нашли широкое применение. Несмотря на различия в их принципах работы, конструкции и правилах использования, все гироскопические приборы можно подразделить на три группы: указатели, измерители и регуляторы.

К первой группе относятся приборы, в которых гироскоп используется для отыскания или только фиксирования определенного направления: истинного меридиана, истинной вертикали, произвольного направления (гироскопы, гироскопы, гироскопы).

Ко второй группе относятся приборы, в которых гироскоп служит для измерения определенных величин, например угловой скорости или ускорения движущегося объекта (гироскопы, гироскопы и т.п.)

К третьей группе относятся приборы, в которых гироскопы управляют вспомогательными электродвигателями для стабилизации различных устройств по заданному направлению, например для стабилизации гироскопических платформ, приемных антенн различных устройств и т.п.

В кораблевождении широкое применение нашли указатели направлений, основным элементом которых является гироскоп, так называемые гироскопические указатели направлений.

Гироскопические указатели направлений делятся на два класса:

- гироскопы и гироскопы;
- гироскопы (гироскопы).

Гироскопический (гироскопический) называется гироскопический прибор, предназначенный для определения положения плоскости истинного горизонта (направления истинной вертикали) в точке наблюдателя на подвижном корабле.

Под истинной вертикалью понимается направление отвесной линии (силы тяжести) в неподвижной относительно Земли точке. Под истинным горизонтом понимается плоскость, перпендикулярная истинной вертикали.

При решении многих задач кораблевождения необходимо знать положение плоскости горизонта (вертикали места) в точке нахождения корабля в любое время суток, в любых условиях плавания.

Истинная вертикаль легко определяется с помощью простого отвеса (маятника, уровня). Однако на подвижном основании и, тем более, на качающемся корабле маятник не обладает необходимой устойчивостью и точностью. Под воздействием сил инерции он будет отклоняться от отвесной линии, а потребители нуждаются в высокоточной информации. Поэтому было предложено использовать для стабилизации показаний маятника гироскоп, создав такой чувствительный элемент, который реализует положительные свойства и маятника, и гироскопа, т.е. ЧЭ, способный определять положение вертикали места в любой точке земной поверхности и быть нечувствительным или малочувствительным к внешним воздействиям – силам инерции, возникающим при маневре корабля или на качке. Такой прибор получил название гироскоп или гироскопический.

Подобный прибор впервые был создан в 1888 г. в России. Это была гироскопическая Лурье. Она представляла собой «тяжелый» гироскоп – гироскоп с тремя степенями свободы, центр тяжести которого смещен относительно точки подвеса по главной оси. Эта гироскопическая была

несовершенной, т.к. на нее оказывали большое влияние силы инерции, возникающие при маневрировании корабля и на качке.

В 1940 г. академик А.Ю. Ишлинский провел значительные исследования в теории построения и работы гиригоризонтов и обосновал принципы работы гиригоризонтов с косвенной коррекцией. Им была разработана теория гиривертикали на шаровых вертикальных гироскопах.

Существенный вклад в дальнейшее развитие теории гиригоризонтов также внесли советские ученые М.М. Богданович, П.Л. Ильин и др.

Гиригоризонты на корабле используются для выработки и трансляции в приборы и системы корабля углов бортовой и килевой качки для стабилизации этих устройств в плоскости истинного горизонта.

Гироазимут называется гироскопический прибор, предназначенный для хранения заданного ему азимутального направления.

Это направление может быть любым. В навигации необходимо знать направления относительно плоскости меридиана.

Гироазимут не обладает направляющим моментом, поэтому гироскоп гироазимута не имеет устойчивого равновесного положения относительно горизонтальной системы координат в азимуте, т.е. не может сам ориентироваться относительно плоскости меридиана. Это недостаток гироазимута.

Достоинством гироазимутов является то, что на него практически не действуют силы инерции, возникающие при маневре корабля. Это объясняется тем, что в нем применяется уравновешенный (астати́ческий) трехстепенной гироскоп.

Это качество и способность длительное время удерживать заданное азимутальное направление обусловило использование гироазимутов в качестве курса указателей практически на всех судах.

Гирокомпас — это гироскопический прибор, предназначенный для определения направления истинного меридиана, выработки и трансляции курса корабля. Главная ось ЧЭ гирокомпаса указывает направление гироскопического или истинного меридиана и, будучи выведенной из этого направления, вновь возвращается в него под действием направляющего момента.

Практическому освоению гирокомпасов предшествовала разработка теории гироскопа. Наибольший вклад в науку в этом направлении внесли русские ученые Л. Эйлер, Д.И. Сомов, Д.К. Бобылев, С.В. Ковалевская, Н.Е. Жуковский, А.С. Домогаров, работы которых признаны классическими.

Первый гирокомпас сконструировал и построил в 1905 г. офицер русского флота лейтенант Коноконин. Он назвал его одногироскопным механическим компас-гироскопом. Схема этого гирокомпаса была далека от совершенства: прибор имел ряд существенных недостатков, затрудняющих его применение в навигации. Главным недостатком являлось то, что на качке в показаниях гирокомпаса присутствовала погрешность до 30°.

В 1908-1911 гг. в Германии доктор Аншюц и в США инженер Сперри предложили свои схемы giroкомпасов, которые также имели большую погрешность при качке.

В 1911 г. инженеры завода «Русское акционерное общество Мукерт и К» для устранения влияния качки корабля предложили применить в чувствительном элементе giroкомпаса два гироскопа. Они же предложили использовать жидкостный успокоитель для обеспечения прихода главной оси чувствительного элемента в плоскость гироскопического меридиана.

В 1913 г. фирма Аншюц пошла по этому пути и в 1920 г. в Германии был создан первый прототип семейства двухгироскопных giroкомпасов с непосредственным управлением – giroкомпас «Аншюц».

В русском флоте giroкомпасы впервые были установлены в 1915-1916 гг. на новых линейных кораблях и крейсерах.

В дальнейшем началось бурное развитие отечественного гироскопического приборостроения. Уже в 1929-1931 гг. на ленинградском заводе мореходных инструментов был создан первый советский giroкомпас. Это был одногироскопный giroкомпас с ртутными сосудами и торсионным (струнным) подвесом чувствительного элемента типа «ГУМ-1».

В 1937 г. на Московском заводе под руководством академика А.Н. Крылова и при участии профессора Б.И. Кудревича был создан более точный двухгироскопный giroкомпас на жидкостном подвесе ЧЭ с твердотельным маятником – типа «Курс». В дальнейшем семейство giroкомпасов типа «Курс» совершенствовалось и развивалось. Появились giroкомпасы «Курс-2», «Курс-3», «Курс-4», «Курс-5», «Курс-7», «Курс-10».

Одновременно с giroкомпасами типа «Курс» разрабатывались малогабаритные giroкомпасы для катеров и малых кораблей типа «Гиря»: «Гиря», «Гиря-М», «Гиря-МК», а также giroкомпасы с косвенным управлением, способные работать как в режиме giroкомпаса, так и в режиме giroазимута, типа ГКУ: «ГКУ», «ГКУ-1», «ГКУ-2», «ГКУ-1Т», «ГКУ-1М», «Вега» и др.

Сейчас нельзя представить ни одного корабля или судна, в состав штурманского вооружения которого не входил бы giroкомпас.

Постоянно возрастающие требования к точностным и эксплуатационным характеристикам гироскопических приборов стимулировали ученых и инженеров многих стран мира не только к дальнейшим усовершенствованиям классических гироскопов с вращающимся ротором, но и к поискам принципиально новых идей, позволяющих решить проблему создания чувствительных датчиков для индикации и измерения угловых движений объекта в пространстве.

В настоящее время известно более ста различных явлений и физических принципов, которые позволяют решать гироскопические задачи. Выданы многие тысячи патентов и авторских свидетельств на соответствующие открытия и изобретения.

Гироскопы с воздушной опорой

В этих гироскопах разработчики заменили шариковые подшипники, используемые в традиционном кардановом подвесе, газовой подушкой, что полностью устранило влияние износа материала опор во время работы и позволило почти неограниченно увеличить время службы прибора. Жесткость аэродинамического подвеса не меньше, чем обычных шарикоподшипников. К недостаткам газовых опор следует отнести довольно большие потери энергии и возможность внезапного отказа при случайном контакте поверхностей опоры между собой.

Поплавковые гироскопы

Поплавковый гироскоп (ПГ) представляет собой классический роторный гироскоп, в котором для разгрузки подшипников подвеса все подвижные элементы взвешены в жидкости с большим удельным весом так, чтобы вес ротора вместе с кожухом уравнивался гидростатическими силами. Благодаря этому снижается сухое трение в осях подвеса и увеличивается ударная и вибрационная стойкость прибора. Герметичный кожух, выполняющий роль внутренней рамки карданового подвеса, называется поплавком. Конструкция поплавка должна быть максимально симметричной. Ротор гироскопа внутри поплавка вращается на воздушной подушке в аэродинамических подшипниках со скоростью порядка 30–60 тыс. об/мин. ПГ с большим вязким трением жидкости называется также интегрирующим гироскопом.

ПГ до настоящего времени остается одним из наиболее распространенных типов гироскопов и, безусловно, будет широко применяться в ближайшие годы, так как основывается на хорошо отработанных технологиях, мощной производственной базе.

Динамически настраиваемые гироскопы

Динамически настраиваемые гироскопы (ДНГ) принадлежат к классу гироскопов с упругим подвесом ротора, в которых свобода угловых движений оси собственного вращения обеспечивается за счет упругой податливости конструктивных элементов (например, торсионов). В ДНГ в отличие от классического гироскопа используется так называемый внутренний карданов подвес, образованный внутренним кольцом, которое изнутри крепится торсионами к валу электродвигателя, а снаружи – торсионами к ротору. Момент трения в подвесе проявляется только в результате внутреннего трения в материале упругих торсионов. В динамически настраиваемых гироскопах за счет подбора моментов инерции рамок подвеса и угловой скорости вращения ротора осуществляется компенсация упругих моментов подвеса, приложенных к ротору.

К достоинствам ДНГ следует отнести их миниатюрность, высокую стабильность показаний, относительно невысокую стоимость.

Кольцевые лазерные гироскопы

Кольцевой лазерный гироскоп (КЛГ), называемый также квантовым гироскопом, создан на основе лазера с кольцевым резонатором, в котором по замкнутому оптическому контуру одновременно распространяются встречные электромагнитные волны. Длины этих волн определя-

ются условиями генерации, согласно которым на длине периметра резонатора должно уложиться целое число волн, поэтому на неподвижном основании частоты этих волн совпадают. При вращении резонатора лазерного гироскопа путь, проходимый лучами по контуру, становится разным и частоты встречных волн становятся неодинаковыми. Волновые фронты лучей интерферируют друг с другом, создавая интерференционные полосы. Вращение резонатора лазерного гироскопа приводит к тому, что интерференционные полосы начинают перемещаться со скоростью, пропорциональной скорости вращения гироскопа. Интегрирование по времени выходного сигнала лазерного гироскопа, пропорционального угловой скорости, позволяет определить угол поворота объекта, на котором установлен гироскоп.

К достоинствам лазерных гироскопов следует отнести прежде всего отсутствие вращающегося ротора, подшипников, подверженных действию сил трения. В настоящее время серийно выпускаются лазерные гироскопы, имеющие точность на уровне $2 \cdot 10^{-3}$ – $5 \cdot 10^{-1}$ °/ч.

Волоконно-оптические гироскопы

Значительные достижения в области разработки и промышленного выпуска световодов с минимальным значением погонного затухания и интегральных оптических компонентов привели к началу работ над волоконно-оптическим гироскопом (ВОГ), представляющим собой волоконно-оптический интерферометр, в котором распространяются встречные электромагнитные волны. Наиболее распространенный вариант ВОГ – многовитковая катушка оптического волокна. Достигнутые в лабораторных образцах точности ВОГ приближаются к точности КЛГ. ВОГ из-за простоты конструкции является одним из наиболее дешевых среднеточных гироскопов, и можно ожидать, что он вытеснит КЛГ в диапазоне точностей 10^{-2} °/ч и ниже.

Волновые твердотельные гироскопы (ВТГ)

В основе функционирования волнового твердотельного гироскопа (ВТГ) лежит физический принцип, заключающийся в инертных свойствах упругих волн в твердом теле. Упругая волна может распространяться в сплошной среде как жесткое тело, не изменяя своей конфигурации. Такая частицеподобная волна называется солитоном и рассматривается как модельное воплощение корпускулярно-волнового дуализма: с одной стороны, это волна, с другой – неизменность конфигурации приводит к аналогии с частицей. Однако эта аналогия в некоторых явлениях простирается и дальше. Так, если возбудить стоячие волны упругих колебаний в ассиметричном резонаторе, то вращение основания, на котором установлен резонатор, вызывает поворот стоячей волны на меньший, но известный угол. Соответствующее движение волны как целого называется прецессией. Скорость прецессии стоячей волны пропорциональна проекции угловой скорости вращения основания на ось симметрии резонатора.

Резонатор ВТГ представляет собой тонкую упругую оболочку вращения, сделанную из плавленого кварца, сапфира или другого мате-

риала, обладающего малым коэффициентом потерь при колебаниях. Обычно форма оболочки – полусфера с отверстием в полюсе, поэтому ВТГ называется в литературе полусферическим резонаторным гироскопом. Один край резонатора (у полюса) жестко прикреплен к основанию (ножке). Другой край, называемый рабочим, свободен. На внешнюю и внутреннюю поверхности резонатора, около рабочего края, напыляются металлические электроды, которые образуют вместе с такими же электродами, нанесенными на окружающий резонатор кожух, конденсаторы. Часть конденсаторов служит для силового воздействия на резонатор. Вместе с соответствующими электронными схемами они образуют систему возбуждения колебаний и поддержания их постоянной амплитуды. С ее помощью в резонаторе устанавливаются так называемую вторую форму колебаний, у которой стоячая волна имеет четыре пучности через каждые 90° . Вторая группа конденсаторов служит датчиками положения пучностей на резонаторе. Соответствующая (весьма сложная) обработка сигналов этих датчиков позволяет получать информацию о вращательном движении основания резонатора.

К достоинствам ВТГ относятся высокое отношение точность и цена, способность переносить большие перегрузки, компактность и небольшой вес, низкая энергоемкость, малое время готовности, слабая зависимость от температуры окружающей среды.

Вибрационные гироскопы

Вибрационные гироскопы основаны на свойстве камертона, заключающегося в стремлении сохранить плоскость колебаний своих ножек. Теория и эксперимент показывают, что в ножке колеблющегося камертона, установленного на платформе, вращающейся вокруг оси симметрии камертона, возникает периодический момент сил, частота которого равна частоте колебания ножек, а амплитуда пропорциональна угловой скорости вращения платформы. Поэтому, измеряя амплитуду угла закрутки ножки камертона, можно судить об угловой скорости платформы. Патент на вибрационный гироскоп принадлежит некоторым видам двукрылых насекомых, обладающих парой стержнеобразных придатков, называемых жужжальцами, которые вибрируют в полете с размахом до 75° и частотой около 500 Гц. При повороте туловища возникают колебания жужжалец в другой плоскости. Эти колебания воспринимаются особыми чувствительными клетками, расположенными в основании жужжалец и подающими команду на выравнивание корпуса насекомого. Система похожа на автопилот, в датчиках которого вращательное движение заменено на колебательное как на более естественное и экономичное для биологических систем.

Первые разработчики вибрационных гироскопов предрекали близкую смерть классическим гироскопам с вращающимся ротором. Однако более глубокий анализ показал, что вибрационные гироскопы отказываются работать в условиях вибрации, которая практически всегда сопровождает места установки приборов на движущихся объектах. Непреодолимой оказалась и проблема нестабильности показаний из-за

сложностей высокоточного измерения амплитуды колебаний ножек. Поэтому идея чистого камертонного гироскопа так и не была доведена до прецизионного прибора, однако она стимулировала целое направление поисков новых типов гироскопов, использующих либо пьезоэлектрический эффект, либо вибрацию жидкостей или газов в хитро изогнутых трубках и т.п.

Микромеханические гироскопы

Микромеханические гироскопы (ММГ) – это одноосные гироскопы вибрационного типа, изготавливаемые на базе современных кремниевых технологий. ММГ представляет собой своеобразный электронный чип с кварцевой подложкой площадью в несколько квадратных миллиметров, на которую методом фотолитографии наносится плоский вибратор типа описанного выше камертона.

Точность полученных к настоящему времени ММГ находится на уровне 10^{-2} °/ч, но ожидается, что ее можно будет повысить на порядок и приблизить к точности гироскопа Фуко. Решающее значение имеет исключительно низкая стоимость микромеханических чувствительных элементов. Это открывает возможность их использования в совершенно новых областях: автомобили и бинокли, телескопы и видеокамеры, «мыши» и «джойстики» персональных компьютеров, мобильные робототехнические устройства и даже детские игрушки. Конечно, ММГ можно использовать и при совершенствовании военной техники (прицелы, «думающие» бомбы, тактическое оружие), но не эти приложения являются определяющими в экономическом плане. Имеются прогнозы, по которым производство ММГ может достигнуть ста миллионов в год при общей стоимости 4,5 млрд долл.

В настоящее время разработка первого поколения ММГ уже завершена, решаются задачи их интеграции в инерциальные измерительные модули совместно с электроникой и вычислительной техникой. Первые инерциальные модули уже появились в лабораториях.

Неконтактные гироскопы

В отличие от ММГ неконтактные гироскопы находятся на другом полюсе среди гироскопических чувствительных элементов, так как с их помощью удалось достичь сверхвысоких точностей 10^{-6} - 10^{-4} °/ч и имеют большие резервы дальнейшего повышения точности.

Разработка гироскопов с неконтактными подвесами началась с середины XX в. В неконтактных подвесах реализуется состояние левитации, т.е. состояние, при котором ротор гироскопа парит в силовом поле подвеса без какого-либо механического контакта с окружающими телами. Среди гироскопов с неконтактными подвесами можно выделить гироскопы с электростатическим и магнитным подвесами ротора.

В электростатическом гироскопе (ЭСГ) проводящий сферический ротор подвешен в вакуумированной полости в регулируемом электрическом поле, создаваемой системой электродов. Если поверхность ротора – идеальная сфера, то силы электрического поля, действующие по нормали к проводящей поверхности ротора, не могут создать момента относительно

его центра и возникает возможность создания идеального гироскопа. Ротором электростатического гироскопа может служить бериллиевый шар диаметром 1 см, раскрученный до скорости порядка 180 тыс. об/мин. Для такого подвеса характерно практически полное отсутствие трения (при вакууме в подвесе 10^{-8} мм рт.ст. постоянная времени выбега ротора за счет остатков газа имеет величину порядка 100 лет). Ничтожно малые величины возмущающих моментов сил, действующих на левитирующий в вакууме ротор, обеспечивают неограниченно долгое и надежное сохранение направления оси вращения гироскопа в пространстве.

Гироскопы с магниторезонансным подвесом ротора (МСГ) являются в определенной степени аналогами гироскопов с электростатическим подвесом ротора, в которых электрическое поле заменено магнитным, а бериллиевый ротор – ферритовым. Несмотря на более чем тридцатилетнюю историю разработок МСГ, он так и не стал объектом серийного производства. Причина заключается в том, что в конкуренции за достижение сверхвысоких точностей выявилось решающее преимущество ЭСГ из-за существенно меньших возмущающих моментов, возникающих при взаимодействии бериллиевого ротора с электрическим полем, чем ферритового с магнитным. Разумеется, достижение точности гироскопа в 10^{-4} - 10^{-5} $^{\circ}$ /ч – задача чрезвычайной сложности.

Современные гироскопы с неконтактными подвесами – это сложнейшие приборы, которые вобрали в себя новейшие достижения техники. Только три страны в мире в настоящее время способны производить электростатические гироскопы. Кроме США и Франции в их число входит и Россия. Опыт эксплуатации на морских объектах электростатических гироскопов, созданных в Санкт-Петербурге в ЦНИИ «Электроприбор», подтвердил высокую точность и достаточную надежность корабельных инерциальных навигационных систем на электростатических гироскопах. Кроме перечисленных выше типов гироскопов проводились и проводятся работы над экзотическими типами гироскопов, такими, как ионные, ядерные и т.п. Однако изложенного материала достаточно для формулирования выводов о тенденциях развития гироскопов в настоящее время.

Сегодня созданы настолько точные гироскопические системы, что дальнейший повышения точностей многим потребителям уже не требуется, а сокращение средств, выделяемых для военно-промышленного комплекса в бюджетах ведущих мировых стран, резко повысило интерес к массовым гражданским применениям гироскопической техники, которые были ранее на периферии внимания разработчиков. Наконец, выдающийся прогресс в области высокоточной спутниковой навигации GPS сделал проблематичным автономные средства навигации в тех случаях, когда сигнал со спутника может приниматься непрерывно. Не случайно на одном из симпозиумов крупнейших ученых-гироскопистов был затронут вопрос о «драматическом развитии гироскопической техники». Дело в том, что разрабатываемая сейчас система навигационных спутников третьего поколения позволит определять координаты объектов на поверхности Земли с точностью до единиц сантиметров. При этом отпадает

необходимость в использовании даже курсовых гироскопов, ибо сравнение показаний двух приемников спутниковых сигналов, установленных на расстоянии в несколько метров, например на крыльях самолета, позволяет получить информацию о повороте самолета вокруг вертикальной оси. Такая система может оставить не у дел десятки тысяч работников предприятий, выпускающих гироскопы для самолетов и морских кораблей.

В силу перечисленных обстоятельств эволюционное развитие гироскопической техники последних десятилетий подошло к рубежу крупных изменений, и именно поэтому внимание специалистов в области гироскопии сейчас сосредоточилось на поиске нетрадиционных областей применения приборов. Неожиданно открылись совершенно новые интересные задачи. Это и разведка полезных ископаемых, и предсказание землетрясений, и сверхточное измерение положений железнодорожных путей и нефтепроводов, медицинская техника и многое другое, где нас ждут новые результаты и, быть может, новые открытия.

Библиографический список

1. *Мартыненко Ю.Г.* Тенденции развития современной гироскопии // Соросовский образовательный журнал. 1997.
2. *Мартыненко Ю.Г.* О проблемах левитации тел в силовых полях // Соросовский образовательный журнал. 1996. № 3. С. 82-86.
3. *Ишлинский А.Ю., Борзов В.И., Степаненко Н.П.* Лекции по теории гироскопов. М.: Изд-во МГУ, 1983. 248 с.

УДК 669.017

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ БУЛАТНОЙ СТАЛИ

**Т.Е. Коршунова; Г.С. Филиппов; Д.А. Маслов,
Дальрыбвтуз, Владивосток**

Рассмотрены особенности булатной стали и перспективы развития «булатных технологий».

С точки зрения современной науки булатная сталь представляет собой композиционный материал на основе железа с ярко выраженной физико-химической неоднородностью, матрицей которого является «мягкая» фаза – феррит, а наполнителем – твердая фаза – цементит (Fe_3C), содержащий углерод в количестве от 0,8 до 4,0 %. В современных же сталях максимальное содержание углерода достигает 1,4 % и дальнейшее его повышение невозможно из-за сильного охрупчивания сплавов. Булатная сталь отличается более высокими, по сравнению с традиционными сплавами, характеристиками: сочетанием высоких твердости, прочности, износостойкости, режущих свойств с повышенными вязкостью и пластичностью. Также известны булатные стали ле-

гированные хромом, ванадием, молибденом и др. карбидообразующими элементами и за счет этого имеющие более высокие механические свойства, чем углеродистые.

Булатная сталь имеет характерный узор поверхности, обусловленный ее неоднородностью. Изменение ее химического состава или технологии изготовления отражается на рисунке узора, поэтому одним из критериев оценки качества булатной стали является ряд внешних признаков: форма и величина узора, а также цвет основного металла.

По форме узор подразделяется на полосчатый, струйчатый, волнистый, сетчатый и коленчатый. Полосчатый узор состоит из прямых почти параллельных между собой линий. В отличие от полосчатого в струйчатом узоре присутствуют изогнутые линии между линиями параллельными. Основу волнистого узора составляют изогнутые линии. Сетчатый узор образуется короткими прямыми линиями и сплетенными в пряди изогнутыми линиями между ними. Наиболее высокими механическими свойствами обладает сталь с коленчатым узором, который располагается на всю ширину изделия в виде поперечных поясков, непрерывно повторяющихся по всей длине изделия.

Светлый крупный (10-12 мм), средний (4-6 мм) или мелкий (1-2 мм) узор располагается на матовом или блестящем (с красноватым или золотистым отливом) фоне серого, бурого или черного цвета. Чем темнее фон и крупнее и выпуклее на нем узор, тем более высокое качество булата. Таким образом, наилучшими свойствами обладает булат с крупным сетчатым или коленчатым узором белого цвета, отчетливо выделяющемся на черном фоне с золотистым отливом и издающий при легком ударе чистый и долгий звук. Кроме того, если это изделие в виде клинка, оно должно изгибаться в дугу без остаточной деформации, быть способным рубить стальные прутки диаметром 5-7 мм и разрезать тончайшие сорта шелка.

Родиной булатной стали считается Индия, где ее изготавливали еще около 2500 лет назад. Также известны древние среднеазиатские булаты (Сирия, Аравия) и японские. Сирийская булатная сталь имеет название дамаской. Из Дамаска булат распространился в Персию (Иран) и далее в Турцию, Армению и Грузию. Однако со временем технология производства булата была утрачена.

Воссоздал булатную сталь и разработал научные основы ее производства (обосновал влияние химического состава, структуры и технологии обработки на ее свойства) русский металлург Аносов П.П.

Строение булатной стали неоднородно и обусловлено различными видами ликвации, в основном дендритной, и кардинально отличается от характера ликвации в слитках современных сталей. Кристаллизация булатного слитка зависит от множества факторов: шероховатости стенок тигля, температуры жидкого сплава, скорости его охлаждения, химического состава, степени чистоты и др., но в первую очередь свойства булата зависят от технологии его производства. Известны около десяти способов изготовления булатной стали, но «истинная» булатная сталь получается методом литья, применявшемся в древней Индии и

воссозданным Аносовым П.П., при котором в специальные тигли из огнеупорных материалов загружают измельченный чугу́н и (или) сталь, сверху укладывают флю́с для защиты сплава от окисления и помещают в печь для расплавления. Структура булата формируется из жидкого расплава вследствие дендритной ликвации углерода при медленной его кристаллизации в виде нитевидных кристаллов – дендритов карбида железа Fe_3C , пронизывающих весь объем «мягкой» матрицы. Готовый слиток расковывается и возвращается в печь для подогрева, расковывается вновь и так 100-150 циклов, от количества которых зависит качество сплава и вид узора на его поверхности.

Скорость охлаждения слитка чрезвычайно важна. Она должна быть достаточно медленной, но при чрезмерно медленном охлаждении существует опасность гомогенизации сплава с потерей неоднородности, так как ферритная составляющая может науглеродиться. При остывании слитка, прежде всего у стенок тигля, кристаллизуется железо, образуя феррит с возможно максимальным содержанием углерода всего лишь до 0,2 %. При этом важна низкая шероховатость стенок тигля, так как высокая дает дополнительные центры кристаллизации, которые подавляют образование чистого феррита. Размер нитей феррита зависит от химического состава сплава и прежде всего от количества углерода. Между нитями феррита образуется цементит третичный вперемежку с ферритом и перлитом. Таким образом, при кристаллизации слитка формируется 5-6 структурных зон, т.е. образуется физически и химически неоднородная система – булат. Затем слиток вынимают из тигля и подвергают ковке, при которой прямолинейные кристаллы становятся криволинейными и ломанными. Чем больше деформируются дендриты, тем выше прочность сплава.

После того как слиток приобретет квадратное сечение, начинают укладывать узор, т.е. улучшать свойства стали. Для этого поковку деформируют участками, что вызывает интенсивное переплетение и перемещение кристаллов между собой. Деформацию поковки осуществляют различными методами (винтовым, косой ковкой и др.), каждый из которых позволяет получить сталь различного качества. После окончанияковки булат подвергают термической обработке – закалке и отпуску.

Другой, достаточно известной, технологией изготовления булата является технология ковочной сварки, суть которой заключается в многократной проковке в разных направлениях пучка стальных прутков разной твердости. Однако сварочный булат несколько уступает по своим свойствам классическому тигельному ликвационному булату. Именно этим способом изготавливали дамасскую сталь. Современный сварочный булат называют «искусственной» булатной сталью.

До настоящего времени булатная сталь используется для изготовления холодного оружия. Однако твердость ее сопоставима с твердостью сталей легированных Ti и Co; Ti, W, Mo и Co, а также твердых порошковых инструментальных сплавов (74-76 HRC), но при этом булатная сталь имеет высокие пластичность и вязкость. Порошковые же

твердые инструментальные сплавы отличаются повышенной хрупкостью, что существенно затрудняет их применение.

В 1975 г. Дорофеевым Г.А. с использованием «булатной» технологии была получена сталь с содержанием углерода 3,5-3,8 % из высокоуглеродистых окатышей, но изготавливалась она из руды очень высокой чистоты, которая является редкой и дорогостоящей.

В своих работах Аносов П.П. и Чернов Д.К., а также Басов В. указывают, что сырьем для булата может быть любая сталь и при этом его свойства будут в разы превосходить характеристики сталей, из которых он изготовлен, а технология изготовления булата позволит получить булатную сталь с высокими твердостью, прочностью и пластичностью даже при использовании в качестве сырья сталей низкого качества в виде металлического лома.

Проведенное исследование состояния вопроса о булатной стали дает основание предполагать, что дальнейшее развитие «булатных» технологий, их научное обоснование и установление взаимосвязи технологий со структурой и свойствами стали, позволят получить композиции типа «булат» для изготовления изделий, сочетающих высокие твердость, прочность, износостойкость, режущие свойства, пластичность и вязкость, используя недорогое сырье в виде отходов сталей любых марок, а также стального лома. Представляется интересным использование «булатных» технологий и в цветной металлургии.

Библиографический список

1. Аносов П.П. О булатах // Горный журнал. 1841. № 2.
2. Гуревич Ю.Г. Загадка булатного узора. М.: Знание, 1985.
3. Ипполитов Д. Дамасская сталь с нуля // 5 охот. 2004. № 6, 7.
4. Назаренко В.Р., Бондаренко Л.И., Янковский В.Ф., Долгинская М.А. О технологии производства булатной стали // Металловедение и термическая обработка металлов. 1989. № 9.
5. Назаренко В.Р. Изучение структуры и свойств булатной стали // Литейное производство. 1986. № 7.

УДК 669.0

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОВЫШЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ ФОСФОРА НА СВОЙСТВА МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

Г.С. Филиппов; Т.Е. Коршунова, Дальрыбвтуз, Владивосток

Приведены результаты исследования малоуглеродистой стали с необычно высоким содержанием фосфора (0,42 %) на образце, вырезанном из строительной конструкции старинного здания, сохранившей свою работоспособность и долговечность до настоящего времени.

Объектом исследования являлся образец стали, взятый из фермы потолочного перекрытия здания Филармонии г. Владивостока, построенного в период с 1902 по 1906 гг. Стальные конструкции и изделия для этого строительства, согласно данным Приморского Отделения Русского Географического Общества, поставлялись из Германии.

Поводом к проведению исследования послужили хорошо сохранившийся внешний вид и долговечность конструкции спустя практически столетие. Химический анализ и испытания механических свойств стали дали довольно любопытные результаты – при необычно высоком содержании фосфора (0,42 %) и низком – углерода (0,02 %), характеристики прочности и пластичности оставались достаточно высокими (табл. 1, 2).

Полученные результаты мы сравнили с наиболее приближенной по содержанию фосфора современной сталью марки 10ХНДП, применяемой для изготовления подобных конструкций (табл. 1, 2). Сравнительный анализ показал, что механические свойства стали 10ХНДП несколько выше, что вероятнее всего объясняется ее легированием, а содержание углерода более высокое при гораздо меньшем количестве фосфора.

Таблица 1

Химический состав сплавов

Сплав	Химические элементы, %							
	C	P	S	Si	Mn	Cr	Ni	Cu
Исследуемый	0,02	0,42	0,026	0,28	нет	нет	нет	-
10ХНДП	≤0,12	0,07-0,12	≤0,040	0,17-0,37	0,3-0,6	0,5-0,8	0,3-0,6	0,3-0,5

Таблица 2

Механические свойства сплавов

Сплав	Механические свойства				
	σ_B	σ_T	δ_5	δ_{10}	HB
	МПа		%		
Исследуемый	34	25,5	9,8	7,5	137
10ХНДП (прокат)	48	35	20	-	-

В Германии, откуда была поставлена сталь, в начале XX в. до настоящего времени и особенно до 40-х гг., чугун переделывали в сталь томасовским способом, где фосфористые железорудные месторождения являются основными внутренними ресурсами металлургии, но и в начале века томасовский способ позволял производить сталь с гораздо меньшим содержанием фосфора. Поэтому мы поставили цель, выяснить причины изготовления и использования стали со столь необычным химическим составом.

Общеизвестно, что в сплавах железа неизменно находятся примеси, в том числе и вредные примеси серы, азота, фосфора, которые снижают качество стали, в связи с этим уменьшение содержания вредных примесей при ее выплавке является одной из основных задач современной металлургии. Однако полученные нами данные по механическим свойствам позволили предположить о положительной роли фосфора в малоуглеродистых сталях. Проведенный анализ научных изысканий в этой области частично подтвердил наши предположения.

Вредное влияние фосфора объясняется тем, что он сам по себе плохо диффундирующий, в присутствии углерода еще менее способен диффундировать в решетке твердого раствора железа даже при длительном отжиге. Углерод при этом стремится в места, обедненные фосфором, в результате чего при повышенном содержании фосфора и углерода ликвационные участки, обогащенные фосфором, сохраняются, способствуя хладноломкости стали. Кроме того, вследствие ликвации при содержании фосфора в количестве нескольких десятых долей процента, углерод вызывает выделение хрупкого фосфида в виде оболочек вокруг зерен или округлостей внутри или поперек зерен феррита [1, 2].

Сильная ликвация в сталях с повышенным содержанием фосфора (до 0,2-0,6 %) вызывает образование крупнозернистой или разнотерной структуры (участки с крупным зерном обогащены фосфором, а с мелким – обеднены), что также ведет к хладноломкости. Безуглеродистые стали ($C \leq 0,01 \%$), содержащие $\leq 0,25 \%$ фосфора, не склонны к хрупкому разрушению за счет получения мелкозернистой структуры твердого раствора $\alpha\text{-Fe}$ после полной перекристаллизации сплава при отжиге, в отличие от сталей с большим содержанием фосфора [1]. Тем не менее проведенный нами микроанализ испытуемой малоуглеродистой стали (0,02 % C), содержащей гораздо большее количество фосфора (0,42 %), также обнаружил мелкозернистую однородную структуру (величина зерна составляла 5-6 баллов) и отсутствие дендритной ликвации.

Согласно Э. Гудремону [3], при содержании в стали до 0,5 % фосфора, увеличивается ее прочность, сопротивление ползучести, устойчивость против атмосферной коррозии, незначительно уменьшается вязкость при комнатной температуре, но повышается температура хрупкости стали и тем сильнее, чем выше содержание в ней углерода. Автор также отмечает, что положительное влияние фосфора на ряд свойств малоуглеродистой стали, усиливается при определенном ее легировании. Эти данные были дополнены при редактировании монографии Э. Гудремона российскими учеными (А.С. Займовским, М.Л. Бернштейном, В.С. Мыськиным) следующими положениями: введение повышенного количества фосфора в малоуглеродистую сталь обеспечивает ее хорошую свариваемость; содержание небольшого количества углерода в стали в присутствии хрома несколько компенсирует повышение фосфором критической температуры хрупкости (примером такого сплава является отечественная сталь марки 10ХНДП). Сопос-

ставляя эти данные с полученными нами в результате сравнительного анализа исследуемой стали и стали 10ХНДП, можно предположить, что оставляя в легированной стали высокий фосфор, и тем самым удешевляя процесс ее производства, но снижая содержание углерода, можно получить высокие прочностные характеристики при сохранении достаточной пластичности.

Положительное влияние фосфора на предел прочности малоуглеродистых сталей с повышенным содержанием фосфора при некотором снижении пластичности и порога хладноломкости отмечают и другие ученые (Д.С. Казарновский, К.Ф. Стародубов и др.).

Обобщая вышесказанное, можно сделать следующие выводы:

1) содержание фосфора до 0,42 % в малоуглеродистой стали существенного влияния на снижение ее порога хладноломкости не оказывает, что подтверждает долговечность исследуемой конструкции на протяжении ста лет в условиях низких климатических температур и повышенной влажности;

2) после 60-х гг. прошлого столетия исследованию высокофосфористых сталей столь значимого внимания не уделялось;

3) проведенный нами микроанализ малоуглеродистой стали, содержащей 0,42 % фосфора, вопреки ранним исследованиям в этой области, выявил в сплаве мелкозернистую однородную структуру и отсутствие дендритной ликвации;

4) влияние фосфора на свойства сталей либо недостаточно изучено и требует дальнейшего развития, либо некоторые особенности технологических процессов обработки подобной стали, применяемых в начале XX в., современной науке неизвестны. И в том, и в другом случае представляется целесообразным дальнейшее исследование влияния фосфора на свойства малоуглеродистых сталей.

Библиографический список

1. *Бартельс М.А.* Металлография и термическая обработка металлов. Л.; М. Свердловск: ОНТИ НКТП СССР, 1935.
2. *Кащенко Г.А.* Курс общей металлографии. М.; Л.: ОНТИ НКТП СССР, 1935.
3. *Гудремон Э.* Специальные стали. М.: Металлургия, 1966.

СОДЕРЖАНИЕ

VIII. ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ	3
<i>С.В. Белых, Н.Н. Таскаева.</i> Формирование положительного инвестиционного имиджа Приморского края.....	3
<i>Е.П. Бровкина, Э.Н. Ким, С.В. Лисиенко.</i> Марикультура Приморья: организационно-экономические, производственные и финансовые проблемы и пути их решения	12
<i>Ю.Е. Гупанова, М.И. Никонова.</i> Актуальные вопросы гармонизации международной и отечественной практики аудита	19
<i>Ю.Е. Гупанова.</i> Методологические аспекты формирования принципов управления качеством.....	27
<i>Л.С. Дедешина.</i> Модель леонтьева многоотраслевой экономики.....	35
<i>Е.В. Денисова.</i> Проблемы организации реинжиниринга на инновационных предприятиях.....	39
<i>В.К. Досмагамбетов.</i> Экономика и экологические проблемы Мирового океана	46
<i>А.В. Жуков, Т.В. Шаповалова.</i> Оценка эффективности телекоммуникационных компаний на основе методов теории массового обслуживания: методологические аспекты	49
<i>И.Г. Иванова.</i> Трансформация инфраструктуры бизнеса в рыбной отрасли России в условиях мирового финансового кризиса	62
<i>Т.В. Ким, И.Ш. Айндинова.</i> Основные направления использования бюджетирования в системе управления предприятиями рыбохозяйственного комплекса	67
<i>Н.А. Коровина.</i> Методические подходы к рейтинговой оценке финансового состояния предприятий.....	72
<i>М.Н. Лебедева.</i> Современное состояние и перспективы развития предприятий малого бизнеса в Приморском крае	76
<i>Б.Ф. Лесовский, О.В. Лесовская.</i> Кластерные инициативы Дальрыбвтуза, как стратегия инновационного развития.....	83
<i>Б.Ф. Лесовский, О.В. Лесовская.</i> О проблеме предпринимательской деятельности в вузе.....	90
<i>Л.А. Мандрик.</i> Проблема повышения прибыльности продукции и пути ее решения.....	100
<i>Е.С. Новоселова.</i> Исследование факторов и условий развития инновационной деятельности на предприятиях марикультуры (на примере Приморского края).....	105
<i>Л.Г. Челюк, В.К. Досмагамбетов.</i> Вопросы оптимизации налоговых выплат хозяйствующих субъектов.....	113

<i>В. Ф. Шаповалов, М.И. Карпова.</i> Влияние сложившейся социально-экономической ситуации на макропоказатели Приморского края	117
<i>Д.К. Шевченко, А.В. Сапаркина.</i> Принципы формирования организационно-экономического механизма управления факторами инновационной деятельности.....	131

IX. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ140

<i>И.В. Бут.</i> Взаимодействие «преподаватель – студент» как основа педагогизации образовательной и социокультурной среды технического вуза	140
<i>Г.И. Высовень, Т.А. Кононова.</i> Средства физической культуры в регулировании работоспособности студентов.....	144
<i>В.Е. Дробот, Н.П. Коско, Т.А. Косова.</i> Влияние вестибулярного аппарата на точность действия	147
<i>О.В. Кудряшова.</i> Актуальная цель высшей школы – развитие творческой личности	148
<i>А.А. Кушнирук.</i> Использование электронной учебной среды для организации образовательного процесса в Дальрыбвтузе	157
<i>Б. Ф. Лесовский, В.М. Малеванный.</i> Развитие информатизации университета – основа повышения эффективности образовательных услуг	160
<i>В.И. Мартышко.</i> Использование мультимедийных презентаций на занятиях по информатике	166
<i>О.В. Митькина.</i> Интерактивные методы обучения в формировании личностных компетенций студентов рыбохозяйственного вуза	168
<i>А.А. Недбайлов.</i> GIMP: метод комбинирования контуров	173
<i>А.А. Недбайлов.</i> GIMP: метод послойного конструирования	185
<i>Н.Ю. Смекаева.</i> Контроль в процессе обучения иностранных студентов инженерной графике	199
<i>Т.А. Ткаченко, Е.Н. Яценко.</i> Тестовые задания для компьютерного тестирования по дисциплине «органическая химия».....	201
<i>А.В. Турчина, Э.Н. Ким.</i> Моделирование качества подготовки специалистов рыбной отрасли.....	205
<i>И.А. Холоша, Е.В. Горовая.</i> Использование тестов для определения уровня технической подготовленности баскетболистов.....	217
<i>О.А. Холоша, О.П. Строд.</i> Методология оценивания результативности процессов в практике образовательных организаций	221
<i>Е.В. Ющик, Е.А. Колбина.</i> Использование средств информационно-коммуникационных технологии в обучении информатике.....	226

X. ГУМАНИТАРНЫЕ И СОЦИОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ.....233

<i>Т.В. Гуляева. Тенденции социальных изменений молодежи:</i> 1990-1999 гг.	233
<i>И.И. Золотухина. К философии образования в России</i> XXI века.....	239
<i>И.И. Золотухина. Новая образовательная парадигма</i>	251
<i>Е.В. Кулебякин, А.В. Ким. К проблеме формирования</i> российского этноса и его менталитета	262
<i>О.Ф. Лейченко. Женское лидерство в современном мире</i>	269
<i>Н.В. Скрынникова. Естественный язык как когнитивная</i> функция сознания в развитии искусственного интеллекта	277
<i>Г.А. Трифонова. Взаимодействие технического и гуманитарного</i> образования на примере творческой деятельности русского ученого Николая Яковлевича Данилевского	280
<i>В.П. Тунеголовцев, Г.Ю. Бочарникова. Суть демографического</i> кризиса Приморья	284
<i>Е.Е. Чеснокова. Речевое поведение молодежи на примере</i> субкультуры «Плаха» г. Владивостока	295
<i>А.В. Чумаченко. Издательская деятельность земств Сибири</i> и Дальнего Востока России в 1917-1919 гг.....	305
<i>В.Б. Шарлай. Проблемы социальной адаптации в условиях</i> работы в море и факторы ее успешности	312
<i>Л.М. Ямченко. История и смысл символики морских сигналов.....</i>	319
<i>М.В. Ярыгина. Социально-экологические аспекты</i> популяционного здоровья как индикатор развития современного общества	321

XI. ИСТОРИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ.....329

<i>А. Ф. Бурков. Выдающийся деятель флота</i>	329
<i>А. Ф. Бурков. Развитие судовых электроприводов</i> до конца XIX века	337
<i>В. Ф. Вережкин. Электроходы в рыбохозяйственном флоте</i> Дальнего Востока	348
<i>В.В.Карасев, Н.В. Вовченко. Эволюция гироскопа</i>	355
<i>Т.Е. Коршунова, Г.С. Филиппов, Д.А. Маслов. Исследование</i> особенностей булатной стали.....	365
<i>Г.С. Филиппов, Т.Е. Коршунова. Исследование</i> влияния повышенного содержания фосфора на свойства малоуглеродистой стали	368