

И. И. Костылев,
д-р техн. наук, профессор,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

М. К. Овсянников,
д-р техн. наук, профессор,
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

ЗАРУБЕЖНОЕ СУДОСТРОЕНИЕ. СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ

CONTEMPORARY MARINE SHIPBUILDING. STATUS AND TENDENCIES

В работе представлена динамика мирового судостроения от начала XXI в. до конца 2013 г. по заказам и завершённому строительству. Выделена динамика морского судостроения в Китае на фоне продолжающегося глобального экономического кризиса. На примере достижений японских судостроительных компаний рассмотрены основные направления технического прогресса в судостроении.

The paper presents the dynamics of the World shipbuilding from the beginning of the XXI century until the end of 2013 on orders and completed construction. The dynamics of marine shipbuilding in China amid the ongoing global economic crisis is highlighted. The basic directions of technical progress in shipbuilding are discussed on example of achievements of Japanese shipbuilding companies.

Ключевые слова: судостроение, экологическая безопасность, судовая энергетическая установка, главный двигатель, паровая турбина, судовый набор, танк, морская краска, сжиженный природный газ, судно-снабженец природным газом.

Key words: shipbuilding, environmental safety, ship power plant, main engine, steam turbine, the ship set, tank, marine paint, liquefied natural gas, supply vessel natural gas.

Н А протяжении последнего десятилетия XX — начала XXI в. мировое судостроение по заказам практически стабильно удерживалось на уровне суммарного тоннажа в 20–30 млн т в год с неизменным лидерством в нем японских верфей [1]. Уже в 2000 г. это первенство перешло к Южной Корее. Конец XX в. можно считать началом развития большого китайского судостроения. Еще в 2000 г. по заказанному тоннажу оно находилось на уровне около 2 млн т, а к началу мирового экономического кризиса (2007) выросло почти до 60 млн т., в 30 раз, что частично объясняется вхождением в Китай Гонконга. На волне экономического кризиса оно также упало на 8–10 млн т в 2013 г.

Можно отметить, что в 2009 г. Китай вышел на первое место в мировом судостроении и в настоящее время удерживает его, в то время как верфи ЕС практически прекратили свое производство.

В условиях жесткой конкуренции по заказам на строительство новых судов, обострившейся в годы затянувшегося экономического кризиса, большое значение получил фактор технического совершенства продукции, основными показателями которого являются топливная эффективность и высокие экономические характеристики.

Кризис в мировом судостроении, то есть его спад, в первую очередь обусловлен глобальным экономическим кризисом. Несколько менее значительными, но все же весьма существенными его факторами являются будоражащие на протяжении нескольких лет Евросоюз и ставшие для него перманентными финансовые проблемы и предметно тяжелый пресс со стороны огромного тоннажа действующего флота самого разного типа транспортных судов с высоким проектным и практически реализуемым эксплуатационным ресурсом. Например, современные суда для перевозки сжиженного газа (CP-LNGC, Liquefied Natural Gas Carrier) большой вместимости (200 и более тыс. м³) на японских и южно-корейских верфях строятся на срок 40 лет. В такой обстановке

новые заказы в судостроении могут привлечь только конструкционные и технологические достижения, обеспечивающие высокие показатели по энергосбережению и обеспечению экологической безопасности (предотвращению загрязнения с судов окружающей среды — атмосферы и Мирового океана). То есть показатели, удовлетворяющие новым стандартам и нормам в этой области на уровнях судостроения и судоходства. Эти утвержденные Международной морской организацией (ИМО) стандарты и нормы с их шкалами в настоящее время уже действуют: EEDI (Energy Efficiency Design Index), “ENVIRO+” и хорошо известны [2; 3].

В настоящей статье приведены некоторые конкретные примеры новых конструкционных разработок японских судостроителей, направленных на повышение этих характеристик. При этом они не пренебрегают даже относительно невысокими эффектами от вводимых новшеств. Так, на автомобилевозе постройки 2010 г. (“City of S.-Petersburg” Pure Cr Carrier-PPC) повышенная экономичность СЭУ и ее экологичность без потерь в полезной грузовместимости достигнута снижением ветрового сопротивления за счет полусферического оформления носовой части судна и применения специальных красок, как для подводной, так и надводной поверхности корпуса. Это сравнительно небольших размеров судно ($L = 131$ м; $D = 24,45$ м; $d = 6,5$ м), грузоподъемностью в 21 тыс. т (2000 ед. колесной техники), построено на верфях “Kyokuyo Shipyard Corporation” в декабре 2010 г. Скорость хода 17 уз. судно развивает при мощности главного дизеля MAN B&W LL42MC $P_e = 7000$ кВт.

Над улучшением аэро- и гидродинамических характеристик работают и производители сферических танков совместно с судостроителями. Так, “Mitsubishi Heavy Industry Ltd” (MHI) получила и выполнила заказ на новый LNGC вместимостью 155 тыс. м³ с рядным расположением танков, конструкционно интегрированных с судовым набором в трюмном пространстве. Это увеличивает его жесткость и способность лучше сопротивляться слошинговому воздействию на судовой набор в зоне расположения танков и повышает собственную устойчивость и прочность. Такая компоновка танков с судовым набором получила название SAYAEND, что по-японски значит «горошины в гондоле». Сферические танки закрыты единым протянутым по судну капотом (полусферическим куполом), также жестко связанным с судовым набором в верхней части всего трюмного пространства, что в целом повышает конструкционную и эксплуатационную надежность газовоза. Такое капотирование сферических танков, безусловно, возможно и целесообразно в отношении призматических танков, с одной стороны, кроме снижения аэродинамического сопротивления движению судна, улучшает общие условия эксплуатации судна в целом, с другой — повышает ответственность верфи и предъявляет дополнительные требования в отношении качества и безукоризненности всех проводимых над закрываемыми впоследствии куполами механических и электромонтажных работ.

Наряду с усилиями по энергосбережению, осуществляемыми в отношении корпуса судна в одном и том же проекте, встречаются весьма существенные решения, неминуемо обуславливающие потери по шкале EEDI из-за увеличения удельного расхода топлива в главном двигателе (ГД). Например, в рассмотренном выше LNGC SAYAEND (ГД) использована паротурбинная установка (ПТУ). Надо полагать, что это выбор сделан конъюнктурно: производителем ПТУ является та же самая MHI Ltd, что и производитель судна. При этом фирма объявляет высокое значение термического КПД ПТУ, обеспечиваемого промежуточным перегревом пара, но прием промежуточного перегрева сам по себе обычен, так же как и параметры пара на входе в первую ступень турбины и на выходе его из последней перед конденсатором. Объявленное фирмой достигнутое снижение расхода топлива на 20 % по сравнению с таковым для однотипных LNGC с конвенционной ПТУ представляется сомнительным. Более реальным оно могло бы быть реализовано в случае установки на судне в качестве ГД малооборотного дизеля. Тем более что такой опыт у японских судостроителей имеется. Например, LNGC “Double ECO Max” обеспечивает 30-процентную экономию топлива и снижение эмиссии в атмосферу углекислого газа.

“Mitsui Engineering & Shipbuilding Co. Ltd” (MES) закончила разработку нового типа LNGC (DEM) с 39 %-ной экономией топлива и снижением CO₂ за счет применения пропульсивной сис-

темы с электронным управлением топливоподачи (газа) в малооборотном дизеле ME-GI на судах в 147 000 и 180 000 м³. Главным здесь является установка MF-GI, допускающая работу на дизельном топливе и газе, а также их смешанное сжигание с прямой передачей мощности ГД на движитель. Использование двойного топлива открывает возможность оптимизации эксплуатации судна в различных условиях [3].

Все эти результаты MES были подтверждены фирменными испытаниями, проведенными в 20-тысячной часовой эксплуатации на “Chiba Works”. Преимущества использования GIDE (Gas Injection Diesel Engine) в отношении экологических характеристик (ENVIRO) также были подтверждены замерами в этих длительных испытаниях с электронным управлением топливоподачи на главном дизеле. Испытания проводились с участием представителей DNV и ABS и других классификационных обществ. Все это позволило MES продвинуться в отношении заказов на Doube Eco Max LNGC.

Конструкционно развиваются также и другие типы судов. Например “Japan Marine United Corporation” (JMUC) разработала G Series следующего поколения большегрузных балкеров со сниженным на 25 % выбросом парниковых газов и запустила линию по поступившим заказам.

Проектные разработки начались в 2010 финансовом году. Штат разработчиков насчитывал более 50 человек только в конструкторском отделе. Сверх того, к решению вопросов научно-технических исследований в области снижения GHG на 25 % к 2012 г. и на 50 % еще через 10 лет (то есть примерно к 2020(22) г.) привлекались дополнительные внешние кадры и исследовательские учреждения, занятые в этой области, а также в области совершенствования корпуса судна с целью увеличения грузопместимости и эффективности СЭУ.

Новые поколения — это суда грузопместимостью 200 тыс. т и выше, имеющие следующие характеристики:

1. 25 %-ное снижение удельной парниковой эмиссии (GHG) за счет увеличения оптимизации грузовых танков и топливной эффективности СЭУ:

- снижение сопротивления движению судна;
- увеличение эффективности СЭУ;
- увеличение активной мореходности судна;
- выбор наиболее подходящего главного двигателя;
- снижение расходов энергии на палубные работы;
- использование отбросной теплоты (утилизации) в пропульсивном комплексе.

2. Использование оптимальной стандартной системы контроля и управления Sea Navi.

3. Максимальная грузопместимость увеличена на 3 % по сравнению с предыдущей серией балкеров JMU. Ежедневный расход топлива снижен на 10 т и даже больше за счет повышения топливной эффективности СЭУ (самая высокая на японском флоте).

4. Удовлетворяется требование по 3-й степени EEDI (Energy Efficiency Design Index), утвержденное ИМО MERCCZ в июле 2012 г. для судов 2025 г.

5. Sea Navi — такие готовятся по Плану регламентаций для морских судов (SEEMP — Ship Energy Efficiency Management Plan), утвержденному в январе 2013 г.

JMU's Series еще не учитывают концепции энергосберегающих технологий. Она будет работать для судов, вступающих в эксплуатацию после 2014 г. Но реализованные в серии идеи пригодны для судов различного назначения (кроме балкеров), тем более проектируемых к 2020 г. выпуска (спуска на воду).

JMUC развила и в концепции конструкционно завершила отработку четырех главных типов судов: контейнеровоз 130 000 TEU-class; танкер на 310 000 т; балкер на 56 000 т и паром для пассажиров с автомобилем. Главным (и новым) в концепции eFuture Series является 30 %-ное снижение GHG, достигнутое отработанными технологиями. В eFuture Series 130 000 значительно улучшена пропульсивная эффективность за счет гидромеханической оптимизации обводов, винта с отбросными (tip raked) лопастями, бульбообразного (в сечении) руля, вынесенного в нос мостика со специальными обводами капота, вплоть до использования специальной краски для всего корпуса

с низким коэффициентом трения в воде и воздухе и антикоррозионной. Увеличение топливной эффективности достигнуто электронным управлением ГД, установкой в турбине наддува, управляемого сопловым аппаратом, как в паровой турбине, глубокой утилизацией теплоты отработанных газов, начиная с газовой турбины в системе наддува. Отработана и установлена система с панелью фотоэлектрогенератора на случай увеличения в сети мощности в режимах захода и выхода из порта. Здесь энергоэффективность СЭУ повышается путем совершенствования винторулевого комплекса с винтом с противоположно вращающимися лопастями, а также за счет низкофрикционной морской краски на наружных поверхностях и примененного в контейнеровозе 130000 TEU-class. Все это также было использовано при разработке моделей танкера 130000 TEU и автомобилевоза.

Продолжается проектирование контейнеровоза с LNG-топливом вместе с разработкой судов-поставщиков (снабженцев) СПГ. Корпорация “Kawasaki Heavy Industry” (КНИ) закончила концептуальные (эскизные) конструкционные проработки судна-снабженца большегрузных судов СПГ топливом, необходимость в котором появится в ближайшем будущем. КНИ в сентябре 2012 г. построила 5 небольших LNGC’s прибрежного плавания (каботажного). В них установлено оборудование для перегрузки СПГ с борта на борт возвышающегося судна, система возврата или какого-либо использования пара СПГ, образующегося в процессе его перегрузки. Последняя обеспечивается с учетом разницы высот уровней от подачи до принимающего бункера. На бункеровщике установлен танк IMO Type C с давлением 5 бар, обеспечивающим и подачу, и минимизацию испарения СПГ в процессе перегрузки. Материал танка — алюминиевый сплав, обычно применяемый КНИ как в больших, так и в малых LNGC’s. Главный двигатель на снабженце двухтопливный с испарителем СПГ, газовым компрессором и газоподогревателем перед ГД. Более того, предусмотрена установка сжигания газа, испаряющегося от избыточного естественного подогрева танка во время стоянки на якоре.

Японские судостроители много времени и усилий затрачивают на научно-исследовательские работы в области методов определения точности изготовления больших пластин в трехмерном представлении лазерными сканерами. Они используются в контроле изготовления пространственно деформированных больших стальных листов, например образующих носовую бульбу, кормовой подзор и т. п. Разработаны схемы операций измерения и оценки ошибок.

Наряду с этим ведутся разработки морского (навигационного) оборудования.

Устройства восстановления устойчивости судна. МНИ разработала систему (повышения) увеличения устойчивости судов при повреждении корпуса, уменьшающие риск опрокидывания, особенно для судов RORO (с января 2009 г. утверждена ИМО в SOLAS Convention).

Разработки схем аварийного снижения положения центра тяжести для придания большей устойчивости перемещения к днищу судна массы забортной воды, поступающей через пробойину; система сообщения грузовых и балластных объемов трубопроводами, которые не только исключают необходимость конструкционного разделения грузовых объемов на мелкие части, но и облегчают грузовые операции на RORO. Система была установлена и испытана на 170-метровом RORO в рейсах со скоростью хода 23 уз. и полным грузом.

Отработки емкостей для газовозов с давлением газа 300 бар. Краткая информация о работах МНИ в области применения природного газа (ПГ) как топлива. Новая система с насосом, обеспечивающим давление СПГ на уровне 300 бар, при компактной компоновке и сниженной мощности привода насоса. Гидравлический привод насоса дает возможность регулировать частоту работы без механического редуктора, с гибкой регулировкой подачи. Компания разработала свою систему на основе собственной разветвленной технологической базы и новых достижений в области криогенной техники в процессе длительных экспериментов, а также многолетнего опыта строительства LNGC, различных энергоагрегатов, включая ГД, насосы, уплотнения для работы в условиях низкой температуры. Система состоит главным образом из агрегата транспортирования LNG при высоком давлении к двигателю в соответствии с режимом его работы (нагрузки) и его изменением. Гидромотор как источник необходимой для этого энергии (мощности) перемещает СПГ к подогревателю, где повышается температура до нормальной с одновременным повышени-

ем давления уже в газовой фазе. Сжатый газ (CNG) после буферного расширителя до безопасного давления поступает в тепловой двигатель для сжигания.

В комбинации с двухтактным малооборотным дизелем эта система оказывается высокоэффективной в пропульсивном комплексе при сниженной эмиссии O_xC , SO_x и NO_x . Внедрение первого образца было осуществлено в начале 2013 г.

Разработан судовой генератор тока с гибридной газовой турбиной (СГТсГГТ). Разработчик — “Nippon Yusen Kaisha Ltd” (NYK Line). “Japan Marine United Corporation” (JMU) и МНН разработали СГТсГГТ совместно с “Hitachi Zosen Corporation” и “Tasyo Electric Co.” и установили его в СЭУ действующего судна. СГТсГГТ предназначается для использования в комбинации с малооборотным главным дизелем: встраивается с габаритно небольшим генератором тока на фундаменте глушителя после газовой турбины. Электрическая мощность установки изменяется в зависимости от частоты тока, которая, в свою очередь, зависит от частоты вращения турбины и подводится к общесудовому току с постоянным напряжением и частотой (50–60 Гц). Соответствие устанавливается установкой в системе СГТсГГТ AC-to-DC-конвертора и DC-to-AC-инвертора. Назначение системы — возможность участия в общесудовой системе снабжения электроэнергией, снижение расходов топлива в СЭУ и выбросов его тепличного GHG и других газов в окружающую среду.

Получили дальнейшее развитие технологии очистки поверхностей судна перед окраской (Mixed Air Jet Blasting Equipment). Вторичная обработка поверхностей пескоструйным распылом широко применяется для новых и ремонтируемых судов, вместе с обмывом водой под давлением. Альтернатива — обдув (Air Jet Blasting). Включается вода, распыленная до мельчайших капель под высоким давлением в смеси с воздухом, и через сопла подается на поверхность. Установлены очевидные преимущества, оправдывающие затраты.

В январе 2010 г. разработан всеобъемлющий тренажер судна “Mitsui Engineering & Shipbuilding Co Ltd” и “Akishima Laboratory (Mitsui Losen) Incorporation”. Сдали заказ для школы в Jakarta, PIP School in Semarang in Makassar (в Индонезии) в порядке помощи Японии морским учебным заведениям в Юго-Восточной Азии. Тренажеры полностью укомплектованы для обучения морскому судоходству в Индонезии. Тренажер имеет три подсистемы: I — управление судном; II — машинное отделение; III — главный и вспомогательные дизели.

Продолжаются эксплуатационные испытания с работой главного дизеля на водотопливной эмульсии, обеспечивающей снижение NO_x и GHG.

Список литературы

1. Shipbuilding and Marine Engineering in Japan. — Japan Ship Centre (JETRO), 2013.
2. Костылев И. И. Реконденсационные установки большой вместимости / И. И. Костылев, М. К. Овсянников // Эксплуатация морского транспорта. — СПб.: ГМА им. адм. С. О. Макарова, 2012. — № 3 (69).
3. Костылев И. И. Двойное топливо в современной судовой энергетике / И. И. Костылев, М. К. Овсянников // Эксплуатация морского транспорта. — СПб.: ГМА им. адм. С. О. Макарова, 2013. — № 1 (71).