SECTION VIII. RESOURCE SAVING

Москаленко В.М.

Влияние скорости перехода на энергоэффективность морского судна

МГУ им. адм. Г.И. Невельского
(Россия, Владивосток)

doi 10.18411/gq-15-10-2021-14

Аннотация

Проблема изменения климата накладывает существенные ограничения на развитие морского судоходства. Прежде всего, это касается обязательного планирования и расчета операционного коэффициента энергоэффективности в рейсе, с целью уменьшения выбросов CO₂. С введением запрета на высокосернистое судовое топливо, с января 2020г. ситуация еще больше усугубилась, что требует от судовладельцев отказа от части прибыли в пользу удовлетворения ограничений по энергоэффективности судна. В данной работе исследуется влияние транспортной работы судна, с точки зрения изменения скорости на переходе, на операционный коэффициент энергетической эффективности морского судна.

Ключевые слова: морское судно, выбросы CO₂, энергоэффективность, эксплуатационная скорость.

Изменение климата рассматривается сегодня, как серьезнейшая угроза (с позиций рисков сдерживающих экономический рост) для всех государств. С принятием Парижского соглашения по климату 12 декабря 2015 года все стороны согласовали общий набор целей для решения проблем связанных с глобальным потеплением. Эти цели включают в себя долгосрочную цель по удержанию повышения глобальной средней температуры на уровне ниже 2х °С, по сравнению с доиндустриальными уровнями и продолжение усилий по ограничению повышения температуры до 1,5 °С по сравнению с доиндустриальными уровнями [1]. Еще одна важная цель, это способность стран адаптироваться к негативным воздействиям изменения климата. Разумеется, как само изменение климата, так и предложенная энергетическая политика в ближайшее время будут накладывать значительные ограничения на глобальный экономический рост и внешнюю торговлю. Глобальные социально-экономические тенденции, рост населения, рост доходов и усиление урбанизации неизбежно ведут к увеличению спроса на электроэнергию, транспорт и другие энергоемкие услуги. Беспрецедентный рост мировой экономики за последнее столетие привел к увеличению использования сырьевых товаров и связанных с ними выбросов парниковых газов. Более высокие выбросы парниковых газов, в свою очередь, ускорили изменение климата, что отрицательно сказалось на самом производстве товаров.

Сегодня в научном сообществе существует устоявшееся мнение, что глобальное потепление, а также экстремальные и неблагоприятные изменения климата вызваны увеличением концентрации парниковых газов в атмосфере Земли. В частности, концентрация CO₂ в атмосфере увеличилась на 31 процент с начала индустриализации (т.е. со второй половины двадцатого века), и выбросы CO₂ составляют наибольшую долю в выбросах парниковых газов. При этом, самые большие выбросы происходят от сжигания нефти, природного газа и их производных. Глобальные выбросы от деятельности человека по секторам экономики представлены в табл.1.

Таблица 1

Выбросы парниковых газов по секторам экономики [1]

№	Источник выбросов	проценты
1	Электричество и производство тепла	25

2	Землепользование	24
3	Промышленность	21
4	Транспорт	14
5	Прочая энергия	10
6	Здания и сооружения	6

Обсуждение изменения климата связано с поисками способов уменьшить выбросы CO₂ связанные с деятельностью человека. В этих условиях подсчитано, что пандемия коронавируса может спасти множество человеческих жизней за счет улучшения качества воздуха в городах [2]. Большое количество предприятий из-за пандемии вынужденно меняет логистику поставок, что в краткосрочной перспективе связано с уменьшением объемов внешней торговли на глобальных рынках. Тем не менее, начиная с 1990 года суммарное радиационное воздействие, вызывающее глобальное потепление, возросло на 43%, где на CO₂ приходится около 80 процентов прироста [3].

Морской транспорт лежит в основе глобальных цепочек поставок и экономической взаимозависимости с судоходством и портами, на которые, по оценкам, приходится более 80 процентов мировой торговли товарами по объему и более 70 процентов по совокупной стоимости товара. По оценкам ИМО выбросы парниковых газов с судов составляли в 2012г. около 2,2 процента антропогенных выбросов углекислого газа в мире [4]. На сегодня, выбросы от международного судоходства составляют уже около 4х процентов, а к 2050г. их объем может составить (по прогнозам) более 50 процентов [4]. По оценкам экспертов осуществление ряда технических и эксплуатационных мер может повысить энергоэффективность судов и сократить выбросы парниковых газов на 75 процентов.

После вступления в силу соответствующих поправок к приложению VI Международной конвенции МАРПОЛ 78 по предотвращению загрязнения с судов, меры по повышению энергоэффективности стали юридически обязательными в морской отрасли, для судов валовой вместимостью 400 и более регистровых тонн, с 1 января 2013г. На судне должен находиться план управления энергоэффективностью (SEEMP), который может быть частью судовой системы управления безопасностью или системы экологического менеджмента по ISO 14001. Этот план должен быть направлен на уменьшение выбросов с судов CO₂ за счет более рационального использования топлива и планирования рейса. Для этого производят расчеты эксплуатационного индекса энергетической эффективности EEOI и сравнивают его с конструктивным индексом энергоэффективности EEDI для новых судов. Индексы имеют одинаковый физический смысл – отношение произведенного за рейс (рейсы) CO₂ к величине транспортной работы судна за определенный период:

$$EEOI = (MT_{ЭРф} \times CF) / A_{ф}, \quad (1)$$

где MT_{ЭРф} – фактическое потребление топлива в эксплуатации всеми потребителями, т;

A_ф – действительная транспортная работа судна в т х миль;

CF – безразмерный коэффициент перевода расхода топлива к выбросам CO₂.

Разумеется, наибольший интерес для судоходства, представляет вопрос определения факторов влияющих на изменение эксплуатационного индекса энергоэффективности.

Для определения основных эксплуатационных параметров влияющих на эксплуатационный индекс энергоэффективности нами были проведены натурные эксперименты на транстихоокеанском переходе судна типа RO-RO - “GALAXY ACE” валовой вместимостью 59,583 рег.т. Были выявлены операционные меры способные повысить энергоэффективность судна уменьшив выбросы CO₂ на морском переходе

без модификации оборудования (см. рис.1) путем управления транспортной работой и скоростью судна при эффективном планировании рейсов.

Total Fuel consumption and CO₂ emissions

Parameter	Value
Total fuel consumption	2322.65 m tonnes
Fuel consumptions assigned to on laden	2269.30 m tonnes
Total CO ₂ emissions	7291.9579 m tonnes
CO ₂ emissions from all voyages between ports under a MS jurisdiction	1940.88 m tonnes
CO ₂ emissions from all voyages which departed from ports under a MS jurisdiction	3000.12 m tonnes
CO ₂ emissions from all voyages to ports under a MS jurisdiction	2179.92 m tonnes
CO ₂ emissions which occurred within ports under a MS jurisdiction at berth	171.04 m tonnes
CO ₂ emissions assigned to on laden	7120.9178 m tonnes

DISTANCE TRAVELLED, TIME SPENT AT SEA AND TRANSPORT WORK

Parameter	Value
Total distance travelled	23177 n miles
Regular navigation	23177 n miles
Total time spent at sea	1554.82 hours
Regular navigation	1554.82 hours
At anchorage	0 hours
Total transport work (mass)	96553994 m tonnes · n miles

ENERGY EFFICIENCY

Parameter	Value
Fuel consumption per distance	100.2136 kg / n mile
Fuel consumption per transport work (mass)	24.0555 g / m tonnes · n miles
Fuel consumption per distance on laden voyages	Missing source values! kg / n mile
Fuel consumption per transport work (mass) on laden voyages	23.5029 g / m tonnes · n miles
CO ₂ emissions per distance	314.6204 kg CO ₂ / n mile
CO ₂ emissions per transport work (mass)	75.5221 g CO ₂ / m tonnes · n miles
CO ₂ emissions per distance on laden voyages	Missing source values! kg CO ₂ / n mile
CO ₂ emissions per transport work (mass) on laden voyages	73.7506 g CO ₂ / m tonnes · n miles

Рисунок 1. Транспортная работа и энергоэффективность судна

Объем потребления топлива на переходе достаточно точно описывался формулой:

$$Q = Q_T (V/V_T)^3, \quad (2)$$

где: Q-фактическое потребление топлива в т/сут.;

V- эксплуатационная скорость, узл. (см. рис.2);

Q_T– потребление топлива соответствующее технической скорости в т/сут. ;

V_T– техническая скорость, узл.

Из формулы (2) видно, что для судовых дизельных двигателей уровень потребления топлива существенно зависит от скорости. Например, снижение эксплуатационной скорости с 16 до 11 узлов приводит к экономии потребления топлива в сутки на 2/3. При снижении скорости судна, следует учитывать то обстоятельство, что может происходить неполное сгорание топлива и увеличение токсичности отработанных газов. С увеличением нагрузки на главный двигатель и скорости судна, концентрация вредных веществ в отработанных газах снижается. Поэтому, удельное количество отработанных газов, отнесенное к мощности, в основном зависит от режима работы двигателя и его типа и имеет характер гиперболической зависимости.

Рисунок 2. Спецификационные характеристики судна

Расчеты операционного коэффициента энергетической эффективности судна по формуле (1) показали довольно хорошие результаты, (см. рис.1).

Для целей анализа существенных факторов оказывающих влияние на операционную энергоэффективность морского судна, преобразуем формулу (1) используя понятие материального потока - $M_{\text{п}}$ (тонн груза в сутки), получим следующее выражение:

$$EEOI = CF \times [(Q \times V) / (M_{\text{п}} \times T)], \quad (3)$$

где: T- время рейса в сут.

Выводы

Из (3) видно, что с увеличением дальности пробега и уменьшением скорости энергоэффективность морского судна возрастает. Натурные эксперименты показали, что одним только снижением скорости можно до 34 процентов поднять операционную энергоэффективность морского судна. Подобные решения обычно принимают при перевозке больших партий относительно недорогих массовых грузов (для балкеров и

танкеров), или при росте цен на судовое бункерное топливо для контейнеровозов, с целью не выводить суда из эксплуатации. Дополнительными факторами улучшающими операционную энергоэффективность морского судна в эксплуатации, могут служить оптимизация маршрута перехода и удеферентовка судна на отход.

1. Commodities&Development Report 2019, UNCTAD/DITC/COM/2019/3 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.un.org/publications> (дата обращения 04.06.2021).
2. Пандемия коронавируса спасет человеческие жизни [Электронный ресурс]. – URL: <https://news.rambler.ru/ecology/43869141> (дата обращения 19.03.2020).
3. Концентрации парниковых газов в атмосфере достигают очередного беспрецедентно высокого уровня [Электронный ресурс]. – URL: <https://meteoinfo.ru/novosti/99-pogoda-v-mire/16592> (дата обращения 03.12.2019).
4. Review of Maritime Transport 2020, UNCTAD/RMT/2020 [Электронный ресурс]. – URL: [un.org/publications](https://www.un.org/publications) (дата обращения 18.06.2021).