



Міністерство освіти і науки України
Одеський національний морський університет
Навчально-науковий інститут морського флоту
Кафедра «Суднові енергетичні установки і технічна експлуатація»

За підтримкою судноплавної компанії «Укрферрі»



МАТЕРІАЛИ

II МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ МОРСЬКОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ КАФЕДРИ СЕУ І ТЕ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО ІНСТИТУТУ МОРСЬКОГО ФЛОТУ ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО МОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ



Одеса – 2020

Конференція присвячена 90-річчю судномеханічного факультету та кафедри судових енергетичних установок (СЕУ) Одеського національного морського університету.

Мета проведення конференції – шанування пам'яті відомих у країні та за кордоном вчених кафедри СЕУ: професорів Івановського В. Г., Фоміна Ю. Я., Семенова В. С. та інших фахівців, які тривалий час працювали в Одеському національному морському університеті і були співробітниками кафедри судових енергетичних установок і технічної експлуатації (СЕУ і ТЕ). Наукова діяльність професорів Івановського В. Г., Фоміна Ю. Я. і Семенова В. С. була спрямована на моделювання та діагностику судових енергетичних установок і, в першу чергу, судових дизелів як головних об'єктів. Популяризація наукової спадщини професорів Івановського В. Г., Фоміна Ю. Я. і Семенова В. С. із прив'язкою до їх наукової біографії та висвітлення актуальних питань морської енергетики і супутніх їм тим є метою конференції.

The conference is dedicated to the 90th anniversary of the Marine Engineering Faculty and the Ship Power Plants (SPP) Department of Odessa National Maritime University.

The aim of the conference is to honor the memory of the well-known in the country and abroad scientists of the SPP Department – professors Ivanovskij V. G., Fomin Yu. Ya., Semenov V. S. and other specialists who worked at Odessa National Maritime University for a long time at the Department of Ship Power Plants and the Technical Operation (SPP and TO). The scientific work of professors Ivanovskij V. G., Fomin Yu. Ya. and Semenov V. S. was aimed at modeling and diagnostics of marine power plants and, first of all, marine diesel engines as the main objects of ship power plants. The popularization of the scientific heritage of professors Ivanovskij V. G., Fomin Yu. Ya. and Semenov V. S. with the reference to their scientific biography and the coverage of topical issues in marine energy and related topics is the aim of the conference.

Конференция посвящена 90-летию судомеханического факультета и кафедры судовых энергетических установок (СЭУ) Одесского национального морского университета.

Цель проведения конференции – почитание памяти известных в стране и за рубежом ученых кафедры СЭУ: профессоров Ивановского В. Г., Фомина Ю. Я., Семенова В. С. и других специалистов, которые долгое время работали в Одесском национальном морском университете и были сотрудниками кафедры судовых энергетических установок и технической эксплуатации (СЭУ и ТЭ). Научная деятельность профессоров Ивановского В. Г., Фомина Ю. Я. и Семенова В. С. была направлена на моделирование и диагностику судовых энергетических установок и, в первую очередь, судовых дизелей как главных объектов. Популяризация научного наследия профессоров Ивановского В. Г., Фомина Ю. Я. и Семенова В. С. с привязкой к их научной биографии и освещение актуальных вопросов морской энергетики и сопутствующих им тем являются целью конференции.

**МАТЕРІАЛИ
II МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
МОРСЬКОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
КАФЕДРИ СЕУ І ТЕ ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
МОРСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

Квітень 2020

**MATERIALS OF
THE II INTERNATIONAL MARITIME SCIENTIFIC
CONFERENCE OF THE SHIP POWER PLANTS AND
TECHNICAL OPERATION DEPARTMENT
OF ODESSA NATIONAL MARITIME UNIVERSITY**

April 2020

**МАТЕРИАЛЫ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
МОРСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
КАФЕДРЫ СЭУ И ТЭ ОДЕССКОГО
НАЦИОНАЛЬНОГО МОРСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Апрель 2020

Конференція MPP&O-2020 внесена до переліку наукових конференцій з проблем вищої освіти і науки в системі Міністерства освіти і науки України на 2020 рік: лист ІМЗО від 14.01.2020 № 22.1/10-69 «Про Перелік наукових конференцій з проблем вищої освіти у 2020 році», с. 55, № 151

Відповідно до Постанови КМУ № 211 від 11.03.2020 конференцію було проведено в заочній формі



Одеса – 2020

Організатори

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ОНМУ),
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ МОРСЬКОГО ФЛОТУ,
КАФЕДРА «СУДНОВІ ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ І ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ» (СЕУ І ТЕ)
СУДНОПЛАВНА КОМПАНІЯ «УКРФЕРРІ»

Організаційний комітет

Голова:

Р. А. Варбанець – зав. кафедри «Суднові енергетичні установки і технічна експлуатація»
ОНМУ, д.т.н., професор.

Почесні голови:

О. М. Курлянд – президент судноплавної компанії «Укрферрі», к.е.н.;
С. В. Руденко – ректор ОНМУ, д.т.н., професор;
О. М. Шумило – директор Навчально-наукового інституту морського флоту ОНМУ,
професор ОНМУ, к.т.н., доцент.

Члени організаційного комітету:

Н. І. Александровська – доцент кафедри «Технічне обслуговування та ремонт суден» ОНМУ,
к.т.н., доцент;
П. М. Беленький – технічний директор судноплавної компанії «Укрферрі»;
О. А. Вассерман – професор кафедри «Суднові енергетичні установки і технічна
експлуатація» ОНМУ, д.т.н., професор;
Р. С. Моргенштерн – директор з питань розвитку та маркетингу «Укрферрі»;
О. О. Немчук – проректор з наукової роботи ОНМУ, к.т.н., доцент;
Ю. О. Никифоров – зав. кафедри «Технічне обслуговування та ремонт суден» ОНМУ,
професор ОНМУ, к.т.н., доцент;
С. П. Оніщенко – директор Навчально-наукового інституту морського бізнесу ОНМУ, д.е.н.,
професор;
М. Я. Постан – зав. кафедри «Менеджмент і маркетинг» ОНМУ, д.е.н., професор;
І. В. Савельєва – зав. кафедри «Підприємництво та туризм» ОНМУ, д.е.н., професор;
С. Я. Соломатін – професор ОНМУ, кафедра «Суднові енергетичні установки і технічна
експлуатація», к.т.н., доцент;
О. Г. Шибаєв – зав. кафедри «Експлуатація флоту і технологія морських перевезень» ОНМУ,
д.т.н., професор;
В. О. Яровенко – зав. кафедри «Експлуатація суднового електрообладнання та засобів
автоматики» ОНМУ, д.т.н., професор.

Матеріали конференції не піддаються зовнішньому рецензуванню і публікуються згідно з поданими авторами оригіналами. Редакція не несе відповідальності за науковий зміст матеріалів.

Редакція зберігає право на коректорську правку і зміну форматування зі збереженням авторського стилю і змісту опублікованого матеріалу.

II Міжнародна науково-практична морська конференція кафедри СЕУ і ТЕ Одеського національного морського університету (MPP&O-2020 (Marine Power Plants and Operation), квітень 2020): матеріали / Одеський національний морський університет. Одеса, 2020. 416 с.

У збірнику представлено матеріали II Міжнародної науково-практичної морської конференції кафедри суднових енергетичних установок і технічної експлуатації (СЕУ і ТЕ) Одеського національного морського університету (MPP&O-2020). Конференцію було присвячено 90-річчю судномеханічного факультету і кафедри СЕУ Одеського національного морського університету, популяризації наукової спадщини професорів Івановського В. Г., Фоміна Ю. Я., Семенова В. С. та висвітленню актуальних питань морської енергетики і супутніх тем.

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ

А. А. Вассерман. История кафедры судовых энергетических установок и технической эксплуатации	9
Р. А. Варбанец. Профессор Валерий Георгиевич Ивановский	21
СЕКЦІЯ 1. «Технічна експлуатація суднових енергетичних установок», «Технічне обслуговування і ремонт суден», «Сучасні технології в двигунобудуванні», «Експлуатація суднового електрообладнання та засобів автоматики»	
Е. В. Белоусов, В. П. Савчук, И. В. Грицук, Р. А. Варбанец, Т. П. Белоусова. Особенности подачи газового топлива в судовых малооборотных двухтактных двигателях, работающих по газодизельному циклу	37
Р. А. Варбанець, В. І. Залож, В. Г. Абросімов. Рішення задачі аналітичної синхронізації даних моніторингу робочого процесу транспортних дизелів в умовах експлуатації	41
D. S. Minchev. Simulation of Diesel-Generator Set Transient Operation	46
Е. И. Россомаха, О. А. Россомаха. Анализ стратегий технического обслуживания и ремонта сложных технических систем	52
V. V. Ivanov, S. V. Ivanova. Flow Rate of Gear Pumps with Cycloid Meshing	57
А. Э. Хрулев, С. А. Дмитриев. Некоторые особенности фильтрации воздуха и центрифугирования пыли в системах впуска и их влияние на износ деталей современных ДВС	62
І. М. Ганношина, П. В. Нікітін, Т. О. Войченко, О. А. Радченко. Ефективність суднових енергетичних установок на базі альтернативних паливно-енергетичних ресурсів	69
П. С. Черніков, В. О. Яровенко, О. І. Зарицька. Вплив законів частотного управління гребними електродвигунами на маневрені характеристики електроходів	75
I. S. Romanenko, O. V. Bilohub. Problems of Modelling Processes in Gear Fuel Pumps in Gas-Turbine Engine	86
С. О. Ковальов. Розроблення електронних мікропроцесорних систем управління газовими ДВЗ, конвертованими на базі транспортних дизелів	90

**ОСОБЕННОСТИ ПОДАЧИ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА В СУДОВЫХ
МАЛООБОРОТНЫХ ДВУХТАКТНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ, РАБОТАЮЩИХ
ПО ГАЗОДИЗЕЛЬНОМУ ЦИКЛУ**

***Е. В. Белоусов**, *В. П. Савчук**, *И. В. Грицук**,
*Р. А. Варбанец***, *Т. П. Белоусова******

Херсонская государственная морская академия, **Одесский национальный морской университет, *Херсонский национальный технический университет*

**ОСОБЛИВОСТІ ПОДАЧІ ГАЗОВОГО ПАЛИВА В СУДНОВИХ
МАЛООБОРОТОВИХ ДВОТАКТНИХ ДВИГУНАХ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ ПО
ГАЗОДИЗЕЛЬНОМУ ЦИКЛУ**

***Є. В. Білоусов**, *В. П. Савчук**, *І. В. Грицук**,
*Р. А. Варбанець***, *Т. П. Білоусова******

Херсонська державна морська академія, **Одеський національний морський університет, *Херсонський національний технічний університет*

**PECULIARITIES OF GAS FUEL SUPPLY IN SHIP BOARD TWO-STROKE
ENGINES OPERATING ON A GAS-DIESEL CYCLE**

***Ye. V. Belousov**, *V. P. Savchuk**, *I. V. Gritsuk**,
*R. A. Varbanets***, *T. P. Belousova******

**Kherson State Maritime Academy, **Odessa National Maritime University,
***Kherson National Technical University*

Наблюдаемое на протяжении последних десятилетий ужесточение экологических норм по содержанию в отработавших газах судовых двигателей токсичных веществ и парниковых газов сделали использование природного и нефтяного газов привлекательной альтернативой традиционным моторным топливам. В настоящее время малооборотные двухтактные двигатели составляют основу энергетических установок торгового флота, и именно поэтому решение задач, связанных с переводом их на газовое топливо, особенно актуально, несмотря на дополнительные технические трудности, связанные с их использованием. Проблема перехода на работу на газовых топливах усугубляется еще и тем, что в силу особенностей организации рабочего процесса в двухтактных двигателях данного класса возможно только внутреннее смесеобразование, осуществляемое на такте сжатия. Последнее обстоятельство потребовало разработки принципиально отличных подходов к решению проблемы по сравнению с теми, которые традиционно используются на четырехтактных высоко- и среднеоборотных двигателях. Усложняется решение проблемы организации рабочего процесса на газовых топливах еще и необходимостью сохранения двигателем возможности работы на традиционных жидких топливах во всем рабочем диапазоне.

В настоящее время три мировых производителя малооборотных двигателей приступили к выпуску их двухтопливных модификаций. Фирмы MAN и Mitsubishi разработали варианты двигателей с подачей газового топлива

в пространство рабочего цилиндра под высоким давлением в конце такта сжатия [1, 2], а фирма WinGD – под низким давлением в начале такта сжатия [2]. Каждому из этих подходов свойственны как определенные преимущества, так и существенные недостатки.

Подача газового топлива под низким давлением значительно упрощает конструкцию топливной системы двигателя и снижает требования к обеспечению ее безопасности во время эксплуатации, однако продолжительное сжатие газозвушной смеси приводит к возникновению детонационного сгорания в рабочем цилиндре. В этой связи, выбор оптимального участка процесса сжатия для подачи газового топлива в значительной степени влияет на выбор рабочих параметров системы подачи газа.

Момент начала поступления газа и продолжительность его подачи в значительной степени определяют давление перед газовыми клапанами, которое при заданных условиях должно обеспечить поступление в рабочий цилиндр заданной цикловой подачи за располагаемый промежуток времени.

Проведенное авторами аналитическое исследование посвящено определению характера и основных закономерностей истечения газового топлива через газоподающие клапана в условиях меняющегося противодействия в рабочем цилиндре. Все расчеты выполнены для двигателей серии W-X62DF фирмы WinGD [3].

По результатам исследования была получена совмещенная диаграмма, на которой основные показатели процесса истечения газового топлива через газоподающие клапана представлены как функция хода поршня (рис. 1).

Такая диаграмма дает представление об особенностях истечения газового топлива в рабочий цилиндр и может оказаться полезной для решения задач, связанных с выбором оптимального участка процесса сжатия для организации смесеобразования. С ее помощью можно также определить ряд конструктивных параметров. Например, на какой высоте втулки цилиндра необходимо установить газоподающие модули, чтобы иметь достаточное время для организации процесса смесеобразования при заданном давлении газового топлива перед клапаном. С помощью данной диаграммы можно также определить максимальное давление перед клапаном газоподающего модуля, при котором представляется возможным обеспечить заданную цикловую подачу, а также определить, какой характер будет носить истечение газового топлива из соплового канала – докритический или закритический. Для рассматриваемого в данной работе случая совмещенная диаграмма построена с шагом изменения давления в 0,2 МПа, однако с использованием разработанной методики аналогичные диаграммы могут быть построены и для других типов двигателей и других параметров давления газового топлива перед газоподающими модулями.

Наложение на расчетное поле режимов подачи газового топлива угловых промежутков, обеспечивающих полную цикловую подачу, позволяет осуществить выбор оптимальных углов открытия и закрытия газовых клапанов по целому ряду критериев. В частности, по критерию постоянства расхода на всем участке подачи газового топлива, по критерию максимального приближения процесса смесеобразования к ВМТ и т.д.

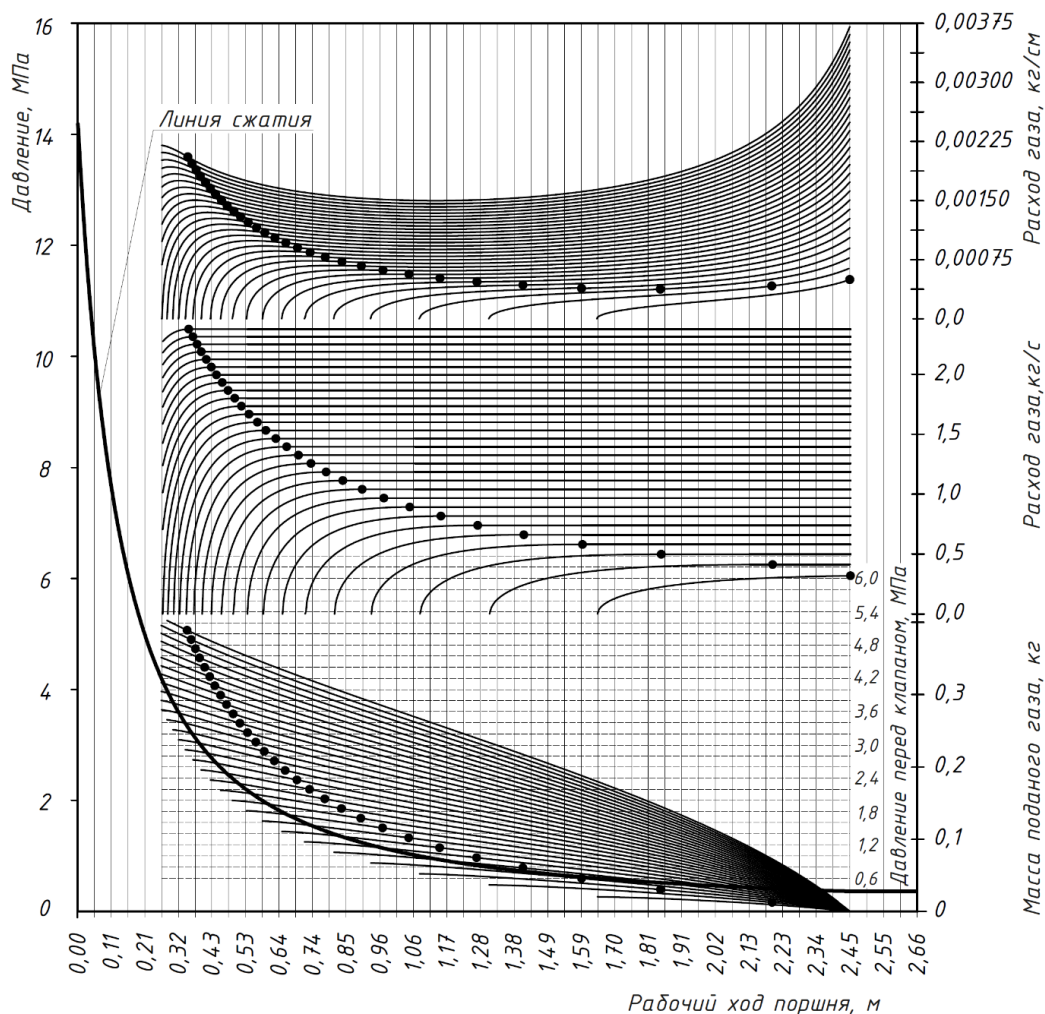


Рис. 1 – Совмещенная диаграмма подачи газового топлива как функция хода поршня: ● – точка перехода характера истечения газового топлива из закритической области в докритическую

Выводы. Полученные в ходе исследования диаграммы истечения газового топлива через газоподающие органы позволяют получить наиболее полное представление о характере протекания процесса смесеобразования в зависимости от величины давления перед газовыми клапанами и могут быть использованы для решения конструктивных и оптимизационных задач при проектировании новых двигателей, работающих по газодизельному циклу.

Литература

1. ME-GI Dual Fuel MAN B&W Engines. A Technical, Operational and Cost-effective Solution for Ships Fuelled by Gas, (2012). Denmark, Copenhagen: MAN Diesel & Turbo, 36 p.
2. Wettstein R. (2014). The Wärtsilä low-speed, low-pressure dual-fuel engine, AJOUR Conference, Odense, 27/28 Nov, 31 p.
3. Белоусов Е. В. Исследование процессов топливоподачи в газодизельных малооборотных двухтактных двигателях низкого давления / Е. В. Белоусов, Р. А. Варбанец, В. П. Савчук, И. В. Грицук, В. С. Вербовский // Двигатели внутреннего сгорания. Всеукраинский научно-технический журнал. – Харьков: изд. НТУ «ХПИ». – 2019. – № 1. – С 27–33.

Сведения об авторах

Белоусов Евгений Викторович – к.т.н., доцент, доцент кафедры эксплуатации судовых энергетических установок, Херсонская государственная морская академия.

Савчук Владимир Петрович – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой эксплуатации судовых энергетических установок, Херсонская государственная морская академия.

Грицук Игорь Валерьевич – д.т.н., профессор, профессор кафедры эксплуатации судовых энергетических установок, Херсонская государственная морская академия.

Варбанец Роман Анатольевич – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Судовые энергетические установки и техническая эксплуатация», Одесский национальный морской университет.

Белоусова Татьяна Петровна – старший преподаватель кафедры «Высшая математика», Херсонский национальный технический университет.

Відомості про авторів

Білоусов Євген Вікторович – к.т.н., доцент, доцент кафедри експлуатації суднових енергетичних установок, Херсонська державна морська академія.

Савчук Володимир Петрович – к.т.н., доцент, завідувач кафедри експлуатації суднових енергетичних установок, Херсонська державна морська академія.

Грицук Ігор Валерійович – д.т.н., професор, професор кафедри експлуатації суднових енергетичних установок, Херсонська державна морська академія.

Варбанец Роман Анатолійович – д.т.н., професор, завідувач кафедри «Суднові енергетичні установки та технічна експлуатація», Одеський національний морський університет.

Білоусова Тетяна Петрівна – старший викладач кафедри «Вища математика», Херсонський національний технічний університет.

Information about authors

Belousov Yevhen Viktorovych – Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the “Vessel’s Power Plants Operation” Department, Kherson State Maritime Academy.

Savchuk Volodymyr Petrovych – Ph.D., Associate Professor, Head of the “Vessel’s Power Plants Operation” Department, Kherson State Maritime Academy.

Gritsuk Ihor Valeriiovych – D.Sc., Professor, Professor of the “Vessel’s Power Plants Operation” Department, Kherson State Maritime Academy.

Varbanets Roman Anatoliiovych – Dr.Sc., Professor, Head of the “Ship Power Plants and Technical Operation” Department, Odessa National Maritime University.

Belousova Tetiana Petrivna – Senior Lecturer of the “Higher Mathematics” Department, Kherson National Technical University.