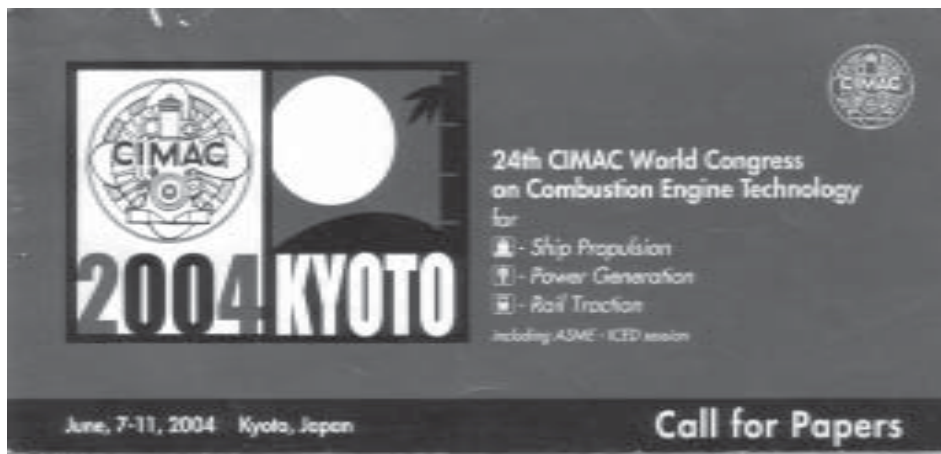


ПО СТРАНИЦАМ ЗАРУБЕЖНЫХ ЖУРНАЛОВ

Продолжение
публикаций материалов
24-го Международного
Конгресса CIMAC

(начало см. журнал
«Двигателестроение», 2004, № 4)



РАЗВИТИЕ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ GEVO ФИРМЫ GENERAL ELECTRIC

Доклад № 27

P.L. Flynn, GE Transportation Systems;

P. Hupperich, FEV Engine Technology

Фирма GE Transportation Systems разработала новый дизельный двигатель с учетом требований к эмиссии следующего уровня и изменений расхода топлива. Разработка двигателя началась в 1999 г. и основывалась на лучших показателях уже имеющихся двигателей в фирме GE. Первое испытание двигателя будет произведено в 2005 г. с учетом требований к эмиссиям США (Ступень 2) для локомотивов. 12-цилиндровый двигатель имеет мощность 3360 кВт при 1050 об/мин, диаметр поршня 250 мм и ход 320 мм при сохранении постоянного среднего эффективного давления в 20,4 бар, что раньше обеспечивал 16-цилиндровый двигатель 7FDL.

Изучение все возрастающих требований позволило влиять на эмиссии, расход топлива, надежность, долговечность, обслуживание и стоимость. Исследование двигателя включает моделирование процесса горения, системное моделирование и оптимизации. Система впрыска топлива была разработана для обеспечения высокоэффективной и стабильной работы. В турбоагрегате использована усовершенствованная аэродинамическая и структурная модель для достижения высокого уровня эффективности и надежности. Испытание работы обоих двигателей как с одним цилиндром, так и со многими цилиндрами помогло в дальнейшем развитии системы сгорания. Конструкция с концепцией Six Sigma была использована в дизайне и развитии двигателя GEVO. Все критические моменты были выявлены и проработаны в соответствии с требованиями к работе и надежности в целях достижения высокого уровня прочности. GEVO Engine Cross Section.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ВПРЫСКОМ ТОПЛИВА В СОСТОЯНИИ ПАРА (STID)

Доклад № 60

J. Chomiak, Chalmers University of Technology, Goteborg, Sweden;

G. Lilienfeldt and others, Wartsila Technology Finland Oy, Vaasa

На 23 Конгрессе CIMAC фирмой Chalmers – Wartsila был представлен анализ характеристик двигателя STID (Steam Injected Diesel). В последние годы под руководством фирмы Wartsila в рамках программы «Развитие», спонсируемой Европейским Союзом, был изготовлен и испытан прототип STID с электронно-управляемыми клапанами. Испытания двух серий двигателей проводились при низком давлении — 24 МПа, низкой температуре парового впрыска — 417°C (суперкритической). Двигатель является модифицированной моделью двигателей 32-ой серии фирмы Wartsila, работающих без изменений в топливном впрыске, но со сниженной степенью сжатия с 15,9 до 15. Для впрыска пара используются два электрогидравлических управляемых инжектора, расположенных по обе стороны цилиндра. Инжекторы объединены в кольцо, которое отделяет головку цилиндра от цилиндрической втулки двигателя. Кольцо также содержит: 2 паровых аккумулятора для демпфирования колебаний давления впрыска, гидравлическую систему исполнительного механизма, регулирующего открытие клапана впрыска и инжекторы. Из-за ограниченности места отверстия для впрыска очень малы (12 мм). Во избежание столкновения капель в центре применяется тангенциальное направление впрыска с отклонением на 10° от радиального.

Установлено, что:

– низкое давление, низкая температура парового впрыска топлива во время впрыска и раннее сжатие практически не влияют на процессы образования энергии и расхода топлива, но сильно сокращают эмиссию NO_x. Это сокращение изменяется пропорционально массе пара и достигает 70% при уровне

соотношения пар/топливо (S/F) = 3,5. Эмиссия сажи, окиси углерода и несгоревшего углеводорода практически не меняются при соотношении S/F = 3,5;

– высокое давление, высокая температура впрыска пара имеет влияние на удельный расход топлива. Уменьшение расхода топлива пропорционально потоку пара и достигает 22,5 г/кВт•ч при S/F = 5,5;

– оптимальное время впрыска и его продолжительность обеспечивает достижение максимального снижения расхода топлива и наилучшего эффекта снижения эмиссий;

– впрыск пара при высоком давлении эффективно влияет на эмиссию NO_x. Снижение идет пропорционально массе потока пара и достигает 47,2% при соотношении S/F = 5,5 для тангенциального впрыска при нагрузке двигателя 85%;

– более высокий эффект достигается при радиальном впрыске, снижение эмиссии может быть получено в 60%;

– паровой впрыск увеличивает эмиссию дыма (сажи), но увеличение в большинстве случаев происходит при соотношении S/F < 3;

– эмиссии CO следуют тем же зависимостям, как и эмиссии сажи; оптимизированный период впрыска уменьшает до минимума эмиссии сажи и CO;

– увеличение эмиссии несгоревшего углеводорода наблюдается при работе STID; увеличение достигает 40% при соотношении S/F = 5,5;

– паровой впрыск увеличивает максимальное давление, которое растет параллельно с потоком пара и увеличивается на 1,5 МПа при S/F = 5,5; задержка впрыска пара может использоваться для регулировки максимального давления без существенных потерь эффективности;

– для раннего впрыска радиальный впрыск пара вызывает задержку горения и сильно увеличивает эмиссии сажи;

– главной технической проблемой STID было обеспечение нормальной работы клапанов парового впрыска топлива; в обычной конструкции клапана задир и замедленное открытие были основными причинами падения температуры пара с 500 до 417°C, и работа клапанов была ненадежной и неоптимальной;

– несмотря на многие проблемы, испытания показали, что двигатель, работающий по принципу STID, является перспективным.

ДВИГАТЕЛИ MC/MC-СИ И ИХ РАЗВИТИЕ В СООТВЕТСТВИИ С НАСТОЯЩИМИ И БУДУЩИМИ ТРЕБОВАНИЯМИ

Доклад № 81

Knudsen, T.S.R&D and others MAN B&W Diesel A/S, Copenhagen

Двигатели MC, находящиеся на рынке с 80-х годов, являются наиболее успешной серией в судостроении. К 2003/2004 г. их суммарная мощность подойдет к отметке 100 млн кВт. Двигатели постоянно дорабатываются в соответствии с новыми требованиями и появляющимися возможностями. Доработка сфокусирована на повышении надежности, увеличении периода работы между капремонтами, компактности двигателя, уменьшении расхода топлива, контроле за эмиссией и увеличением мощности. Эмиссия становится и будет являться все более важным аспектом в будущем, требования к ней ужесточаются. Введены методы регулирования эмиссии, такие как рециркуляция выхлопного газа (EGR) и увлажнение воздуха (HAM).

Самый большой двигатель на сегодня — это 14K108ME-C с мощностью почти 100 000 кВт. Большинство судовладельцев предпочитают одновинтовые силовые установки для больших контейнеровозов. Критическими аспектами являются большие детали, такие как коленвал, станина, коробчатая рама и корпус цилиндра.

Базовая конструкция MC/ME-C двигателей имеет широкие резервы, отличный сервисный опыт и его можно применить для высокооборотных двигателей.

Все двигатели MAN B&W выполняют требования IMO. Эти решения в развитии позволяют утверждать, что малооборотные 2-тактные двигатели в будущем будут оптимальным выбором.

ПОДШИПНИКИ С СИНТЕТИЧЕСКИМ ПОКРЫТИЕМ КАК БУДУЩАЯ АЛЬТЕРНАТИВА ДЛЯ БОЛЬШИХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Доклад № 65

L. Harrither and others, MIBA GmbH

Многие годы в больших 4-тактных дизельных двигателях используются биметаллические стальные подшипники на алюминиевой основе, в основном AlSn20Cu, и триметаллические подшипники. Благодаря появлению в 1998 г. нового поколения высокопрочных алюминиевых подшипников (AlSn25CuMn), не только были достигнуты отличные параметры износостойкости движущихся поверхностей, но и было представлено потребителю экономическое решение использования триметаллических подшипников для применения в современных условиях высоких нагрузок.

Синтетическое покрытие было протестировано и проверено его качество на прочность. PTFE-покрытие имеет очень ограниченные трибологические свойства, что чревато риском возникновения в двигателе проблем благодаря быстрому разрушению и отслоению частичек слоев покрытия. Во избежание этих недостатков в PTFE-покрытия был добавлен новый синтетический слой с более прочными характеристиками.

Это решение было разработано и протестировано MIBA. Оно обеспечивает не только отличную поверхность, прочную к механическим повреждениям, но и высоконадежную работу в процессе эксплуатации. Кроме того, у него есть более сильная адгезия с алюминиевым сплавом и великолепная износостойкость синтетического материала, что очень сильно повышает прочность подшипника в процессе работы. Интенсивные испытания с различными нагрузками выявили лучшие характеристики по трибологии, чем стандартное защитное покрытие PTFE. Изменение уровня износа при динамической нагрузке показало, что результат лучше, чем с триметаллическими подшипниками. Вдобавок коррозионные и кавитационные характеристики просто отличные.

Наконец, покрытие может использоваться в качестве системы мониторинга на износ и усталость, что качественно отличает его от алюминиевого материала и позволит увеличить время работы подшипников.

РАЗВИТИЕ ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ МОЩНОСТЬЮ А 350 кВт (КПД СВЫШЕ 43%) ДЛЯ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Доклад № 98

K. Okamoto, D. Mori, Tokyo Gas Co., T. Takemoto, T. Nakazono, Yanmar Co., M. Kamata, University of Tokyo

Усовершенствование КПД силовой установки является важной задачей для дальнейшей популяризации когенерационных систем. Основной целью является подъем КПД свыше 43% для двигателей мощностью 300 кВт, работающих на природном газе.

Были протестированы газовый двигатель с предкамерой и бедным горением и новейший дизельный двигатель для грузовиков, в котором достигнут высокий уровень теплового КПД и сравнены показатели работы обоих двигателей. На их основе решены технические проблемы по достижению 43% эффективности газового двигателя, что позволило добиться решения следующих четырех позиций:

- увеличения уровня степени расширения;
- улучшения механического КПД;
- снижения от потерь несгоревшего ТНС;
- снижения потерь на впуске и выпуске.

Основываясь на исследовании элементов, позволяющих достигнуть высокой работоспособности, были исследованы возможные факторы повышения КПД. Основные технологии, использованные в новом газовом двигателе:

1. Система газового впрыска.
2. Цикл Миллера.
3. Предкамера с бедным горением. Малые выбросы NO_x и высокий КПД.
4. Выхлопной коллектор импульсного конвертирования.
5. Низкие потери на трение в новом газовом двигателе.
6. Контроллер детонации.

Бедное горение в газовом двигателе помогло повысить тепловой КПД. В сравнении с традиционным двигателем более чем 30%-ное увеличение мощности стало возможным благодаря применению системы впрыска на новом двигателе с низкими потерями на трение, увеличением перекрытия. Применение этих технологий в предкамере с клапанами — для уменьшения количества выхлопных газов в цилиндре и улучшения действия от отложений. Введен цикл Миллера для увеличения степени расширения газов.

Более того, при применении цикла Миллера время протекания топливно-го газа при перекрытии клапана сжато, и количество несгоревших углеводородов уменьшено, что ведет к улучшению сгорания. Тепловой КПД 43% — самый высокий в мире в данном классе мощности — является результатом, который был достигнут. Этот КПД на 5,0 единицы выше, чем в традиционном газовом двигателе.

НОВЫЙ ДВИГАТЕЛЬ MAN B&WL 21/31 — КОНСТРУКЦИЯ, РАЗВИТИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ

Доклад № 174

F. Koch, L. Grünsteudel, MAN B&W Diesel AG, Германия

J. Paronowski, Holeby, MAN B&W Diesel A/S, Дания

Двигатель L 21/31 является завершающим в программе развития малооборотных двигателей фирмы MAN B&W. Двигатель применим для морских судов (привода винта, генераторных установок и дизель-электрических установок). L 21/31 имеет диаметр 210 мм, ход 310 мм. Двигатель выпускается с 900 об/мин (60 Hz) и 1000 об/мин (50 Hz) с мощностью цилиндра 190–215 кВт.

В самом последнем из серии малых двигателей — L21/31 — предлагается высокое давление сгорания и самое высокое давление впрыска. Соотношение хода/диаметра и скорости генератора было выбрано так, что средняя скорость поршня позволяет использовать тяжелое топливо. Внимание было обращено на обеспечение достаточно длинного хода, позволяющего создать предпочтительную форму камеры сгорания при высокой степени сжатия.

На фирме MAN B&W программа 3D CAD PRO/Engineer используется как базис для последующих процессов. Принципы 3D CAD используются в концепции, конструкции, расчетах и производстве. Благодаря этому ведется параллельно работа различными людьми в разных департаментах.

L 21/31 показал свою надежность при стендовых испытаниях на длительной работе с высокой нагрузкой и испытаниях на борту «Принцессы Скандинавии» в реальных условиях.

Продукт международной кооперации, в котором встретились интересы потребителя и совпали максимально, двигатель L 21/31 занял свое место на определенном участке рынка. Умелое использование опыта ведущих мировых практиков и отличные результаты испытаний привели к тому, что двигатель 21/31 обладает высокой эффективностью, оптимальной приспособленностью к объекту и долгим жизненным циклом.

Обзор серии малых двигателей

Двигатель	L 16/24		L 21/31		L 27/38		
Диаметр, мм	160		210		270		
Ход, мм	240		310		380		
Мощность цилиндра, кВт	100	90	215	200	340	330	330
Частота вращения, об/мин	1200	1000	1000	900	800	75	72
Средняя скорость поршня, м/с	9,6	8,0	10,3	9,3	10,1	9,5	9,1
Среднее эффективное давление, бар	20,7	22,4	24,8	24,0	23,5	23,5	23,0
Максимальное давление сгорания, бар	180		210		200		
Примечание	Генераторные установки, стационарные		Генераторные установки, привод винта, стационарные		Генераторные установки, привод винта, стационарные		

«ПАНЕЛЬНЫЕ» ДОКЛАДЫ

ПРОЕКТ ДВИГАТЕЛЯ БУДУЩЕГО И НОВЕЙШИЕ МАТЕРИАЛЫ
S.G. Dexter, AVL List GmbH, Австрия

Большие шаги в эволюции и высокие скачки в развитии претерпела отрасль двигателестроения. Двигатели столетней давности имеют много общих черт с двигателями нынешними, с их поршнями, шатунами, коленчатыми валами, клапанами и т. д.

Эволюция в малооборотных двухтактных двигателях за последние 60 лет показана на рисунке. Движущей силой была экономика, подкрепленная требованиями регулирования эмиссий. Есть причина поверить, что эта эволюция будет продолжена в двигателях с более высокой скоростью поршня, более высоким давлением сгорания, о чем говорят результаты различной временной работы клапанов и мониторинг работы двигателя.

Предыдущие революционные шаги сопровождалось усовершенствованием впрыска топлива, турбонадува, введением электронного регулирования впрыска топлива Common rail и двигателя без распревала. Менее успешно развивались сводно-поршневые двигатели, двигатели типа Wankel, двигатель Гипербар и другие, но так как они не заняли ведущего места в развитии двигателестроения.

Развитие двигателестроения сопровождается эволюцией материалов, особенно большой скачок вперед был сделан ~50 лет назад, когда был взят под контроль выпуск сплавов стали.

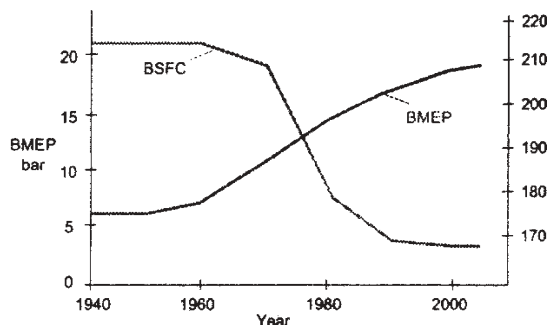


Рисунок. Развитие производства низкооборотных 2-ходовых двигателей

Заглядывая в будущее, можно говорить о еще более улучшенных материалах для использования в сложных композитных поверхностях. Слоистые поверхности будут проектироваться с учетом нагрева, прочности и защиты от коррозии. Развитие материалов будет проводиться параллельно с учетом новых технологий, с использованием разработок по выпуску усиленных пластиков, углеродистых и стальных компонентов. Процессы производства материалов необходимо контролировать во избежание попадания различных включений (посторонних), что может драматично сказаться на механической и тепловой нагрузке составных деталей из алюминиевых сплавов, чугуновых и т. д.

Революционные сдвиги в будущем двигателестроения трудно предугадать. Мы уже видим работы над паровым впрыском и изотермическим двигателем, лазерным зажиганием для газовых двигателей и все более тесную связь дизельной и газовой турбины. Если эти работы будут успешными, они смогут обеспечить огромные шаги вперед.

Мы должны обратить внимание также на развитие и ход конструкторских работ. Необходимо отметить 4-тактный плоский двигатель, который работает как газовый генератор, энергия которого вырабатывается двигающимися взад и вперед деталями линейного генератора и гидравлически работающими клапанами с электронным регулированием. Это может показаться нонсенсом, но мы можем видеть грандиозные перемены в судовых и промышленных двигателях без коленчатого вала и шатунов.

ОЦЕНКА СРАВНЕНИЙ ТЕХНОЛОГИЙ ДВС

G. Wachtmeister, Technical University of Munich, LVK

Это как закон природы, что существующие технологии будут использоваться до тех пор, пока не появятся какие-то новые супервыдающиеся решения. В связи с этим будущий потенциал ДВС сравнивается с другими методами выработки энергии.

В течение более чем 100 лет несколько раз предсказывался конец существования ДВС. В течение 60-х годов XX века ожидалось преимущество газовой турбины над ДВС. Но топливный кризис 1973 г. дал толчок дальнейшему развитию ДВС. Сейчас этот двигатель является наиболее важным в судоходстве, автотранспорте и во внедорожном применении. Но что ожидается в будущем?

Граничные условия

В процессе развития ДВС требования менялись несколько раз. Качество выхлопных газов за последние два десятилетия вышло на передний план. Сегодня мы сталкиваемся с климатическими изменениями, смогом и другими проблемами окружающей среды. Эти условия привели к повышению интереса к ним во всем мире. Одновременно эмиссия выхлопных газов должна иметь наименьшее количество вредных выбросов, что является строжайшим требованием. Это включает в себя выхлопы, твердые частицы, оксиды азота и несгоревшие углеводороды. Надо не забывать CO_2 из газов, выделяющийся при сильном нагреве.

Поскольку используется ископаемое горючее, то эмиссия CO_2 напрямую связана с расходом топлива. Стоит задача сократить расход топлива при выработке прежнего количества энергии для снижения стоимости эксплуатации. В этом плане также имеются в виду ценовые вопросы.

По причине наличия экономических факторов очень важная деталь берется во внимание. Корабли должны следовать расписанию, и каждый час выработки электроэнергии ведет к потере денежных средств. Очень критически можно относиться к так называемым незапланированным простоям. Для избежания таких ситуаций необходима высокая степень надежности. Но даже запланированные остановки на профилактические работы должны быть как можно короче, а время бесперебойной и бесперебойной работы как можно длиннее.

Существуют еще некоторые факторы, которые делают генераторные установки более привлекательными. Они заключаются в их стоимости, соотношении веса к мощности, стоимости жизненного цикла, динамике, вибрации, размерах и т. д. Глядя немного дальше в будущее, наличие топлива также влияет на тип выработки электроэнергии. Запасы нефти ограничены, с другой стороны растет потребность в электроэнергии, а до-

быча нефти зависит от мировой политической ситуации. Все перечисленные факторы имелись в виду при сравнении технологий ДВС.

НОВЫЙ ДИЗЕЛЬНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ 190 ФИРМЫ JINAN DIESEL

Доклад № 190

S.G. Dexter, M.W. Rasser, AVL List GmbH, Австрия

J.P. Qin, S. Lis, C.G. Xu, Q. Wu, Jinan Diesel Ltd, Kumaï

Дано подробное описание конструкции, основных деталей и узлов нового дизельного двигателя 12V190, представленного фирмой JINAN DIESEL Engine Comp (рисунок). Акцент сделан на совершенствовании турбонагнетателя, позволяющего обеспечить работу двигателя для трех условий применения (см. таблицу).

Результаты испытаний подтвердили достижение поставленных целей и снижение расхода топлива и эмиссии. Двигатель создавался по технологии фирмы JD EC и адаптирован к условиям Китая. Он отработал 1000 час и востребован рынком Китая для производства энергии, использования на судах и ж/д транспорте. Три первые дизель-генераторные установки находятся в эксплуатации.

Название параметра	Величина параметра
Тип двигателя	4-тактный с турбонагнетателем и промежуточным охлаждением
Число цилиндров	12 V
Диаметр	190 мм
Ход поршня	215 мм
Номинальная мощность	1740 кВт
Номинальная частота вращения	1500 об/мин
Среднее эффективное давление	19,0 бар
Максимальный крутящий момент	11963 Nm
Частота вращения при максимальном крутящем моменте	1200 об/мин
Среднее эффективное давление максимального крутящего момента	20,6 бар
Запас по крутящему моменту	8 %
Назначение	дизель-генератор главный судовой буровой

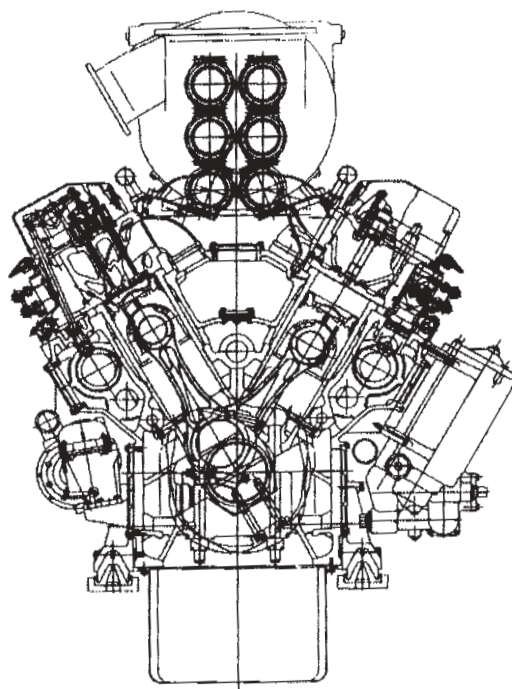


Рисунок. Дизельный двигатель 12V190

Материал подготовлен главным редактором В.Т. Бордуковым