

обеспечивающих максимальное приращение мощности и КПД двигателей.

2. Определены условия, соответствующие рациональным параметрам тригенерационных контуров, и разработаны рекомендации по схемным решениям таких контуров.

Список литературы:

1. Аболешкин С.Е., Балыхин Ю.В. Экспериментальная проверка стабильности интегрального показателя технического состояния главного судового двигателя // Судовые энергетические установки: Научн.-техн. сб. – Одесса: ОНМА, 2004. – Вып. 11. – С. 132-139. 2. Колтакчи Э.М., Кохановский А.И. Особенности технической эксплуатации судовой энергетической установки пассажирского судна, работающего в условиях стесненного фарватера // Судовые энергетические установки: Научн.-техн. сб. – Одесса: ОНМА, 2004. – Вып. 11. – С. 23-33. 3. Тимошевский Г.Ф., Мошенцев Ю.Л., Ву Дык Бао. Повышение эффективности судового двигателя внутреннего сгорания путем совершенствования системы воздухообеспечения // Зб. наук. праць УДМТУ. –

Миколаїв: УДМТУ, 2003. – № 2 (388). – С. 67-75. 4. Мошенцев Ю.Л., Жуков Д.О. Экспериментальное исследование процесса испарительного охлаждения в центробежном наддувочном компрессоре // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2005. – № 5 (398). – С. 99-108. 5. Захаров Ю.В. Судовые установки кондиционирования воздуха и холодильные машины. – С-Пб.: Судостроение, 1994. – 504 с. 6. Петренко В.А. Теоретическое и экспериментальное исследование эжекторной холодильной машины в режиме кондиционирования воздуха // Холодильная техника и технология. – 2001. – № 2 (71). – С. 12-18. 7. Петренко В.А. Принцип выбора рабочего вещества для эжекторной холодильной машины // Холодильная техника и технология. – 2001. – № 1 (70). – С. 16-21. 8. Радченко М.И., Билека Б.Д., Сирота А.А. Особенности проектирования теплообменников на НРТ для теплоутилизирующих контуров ГТУ // Промышленная теплотехника. – 2004. – Т. 26, № 5. – С. 27-31. 9. Радченко Р.Н. Кондиционирование воздуха на входе двигателей // Техногенна безпека: Наук. праці МДГУ ім. П. Могили. – Миколаїв: МДГУ, 2007. – Т. 73, Вып. 60. – С. 109-115.

УДК 621.43

А.И. Крайнюк, д-р техн. наук, К.А. Луников, инж., А.А. Крайнюк, канд. техн. наук

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСА БЕЗДРЕНАЖНОГО
ХРАНЕНИЯ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ
ТЕПЛОВОЗНОГО ДВС**

Введение

Одним из перспективных направлений развития железнодорожного транспорта является применение на тепловозах в качестве топлива сжиженного природного газа (СЖПГ). Ожижение природного газа (температура кипения -163°C) позволяет устранить

ряд недостатков традиционно используемого компримированного до 20 МПа газа, а именно: уменьшить примерно в 3 раза массо-габаритные размеры заправочных емкостей и существенно увеличить запас хода тепловоза до показателей, не уступающих дизельному топливу. Подтверждением привлека-

тельности СжПГ служит ежегодное увеличение на 10% его доли в международных перевозках.

Постановка задачи

Практика показывает, что, несмотря на высокий уровень применяемых в криогенной технике современных технологий, невозможно полностью исключить теплоприток к низкотемпературно хранимой жидкости. Поэтому криогенные резервуары оснащаются предохранительными устройствами, обеспечивающими периодический сброс излишних паров СжПГ в атмосферу. По данным литературных источников [1,2,3], среднесуточные потери паров ценного топлива могут составлять 0,5-3% от объема заправленной жидкости, в зависимости от типа применяемой теплоизоляции, окружающих условий и длительности простоя локомотива. Поскольку наблюдается тенденция к постоянному росту цен на газовое топливо и ужесточению экологических норм эксплуатации ДВС, то такие потери становятся недопустимыми в ближайшем будущем.

Решение задачи

На кафедре ДВС ВНУ им. В.Даля ведутся работы по созданию двухконтурной системы питания тепловозного дизеля сжиженным природным газом с комплексом бездренажного хранения. Исключение выбросов паров топлива из теплоизолированного резервуара в окружающую среду в такой системе достигается благодаря аккумулярованию их в специальном накопительном баллоне под высоким давлением с последующим использованием этих паров по прямому назначению в ДВС. Подробное описание системы и некоторые показатели ее рабочего цикла приведены в работах [4,5].

Основным устройством комплекса бездренажного хранения является газоперекачивающий блок (ГПБ), принцип действия которого основан на эффекте периодического расширения легкокипящей

жидкости (ЛКЖ) в полости оребренного гидроцилиндра при циклическом подводе к ней теплоты нагревательным элементом. Испытания опытного устройства подтвердили возможность заполнения накопительного баллона с заправочным давлением до 10 МПа. При этом показатель эффективности (ПЭ), равный отношению теплоты сгорания перекачиваемого газа к теплоте затраченной на его нагнетание в накопительный баллон составил 8,4 (при низшей теплоте сгорания ПГ 45 МДж/кг).

Цикличность работы ГПБ обеспечивается периодической конденсацией ЛКЖ в результате теплообмена с окружающей средой через наружную поверхность оребренного гидроцилиндра. Необратимые потери отводимой от ЛКЖ теплоты не только в процессе конденсации, но и в процессе расширения ЛКЖ при нагревании, повышают энергозатраты рабочего цикла ГПБ и снижают величину ПЭ.

В настоящее время исследуется возможность повышения ПЭ путем рекуперации потенциальной и тепловой энергии части горячих паров ЛКЖ, отводимых в начале процесса их конденсации в специальный теплоизолированный аккумулятор 5 (ТА) (см. рис. 1) с последующим возвратом в гидроцилиндр 9 в начале процесса нагревания-расширения ЛКЖ.

С этой целью модернизированная установка ГПБ дополнительно оснащена теплоизолированным аккумулятором, сообщенным с полостью оребренного гидроцилиндра газоперекачивающего блока посредством парового канала с размещенным в нем запорным клапаном.

По окончании заполнения компрессорной полости 7 парами СжПГ в крайнем нижнем положении мембраны 8 по сигналу блока автоматического управления 6 открывается запорный клапан 13 и горячие пары ЛКЖ поступают из теплоизолированного аккумулятора 5 в полость оребренного гидроцилиндра 9. Давление в полости оребренного гидроцилин-

дра повышается, вызывая перемещение поршня 10 и мембраны 8 вверх, что соответствует началу такта сжатия - нагнетания паров СжПГ в компрессорной полости 7. В этот период работы газоперекачивающего блока 2 нагревательный элемент 11 выключен и активный ход мембраны 8 осуществляется лишь за счет энергии горячих паров ЛКЖ накопленных аккумулятором 5 на предыдущем цикле в начале процесса заполнения компрессорной полости 7 парами СжПГ.

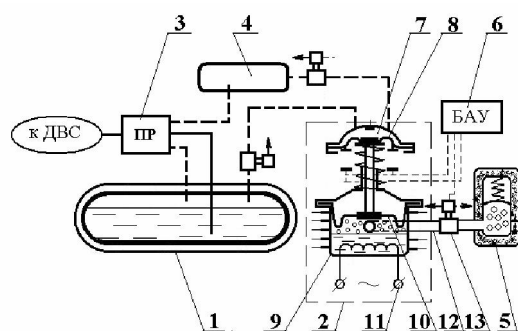


Рис. 1 – Принципиальная схема модернизированной системы

1 – теплоизолированный резервуар; 2 – ГПБ; 3 – парожидкостный распределитель; 4 – накопительный баллон; 5 – теплоизолированный аккумулятор (ТА); 6 – блок автоматического управления; 7 – компрессорная полость; 8 – мембрана; 9 – оребренный гидроцилиндр; 10 – гидropоршень; 11 – нагревательный элемент; 12 – паровой канал; 13 – запорный клапан

При достижении в компрессорной полости 7 давления, несколько превышающего давления газов в накопительном баллоне 4 обратный клапан открывается, и сжатые пары СжПГ поступают в баллон 4.

С момента выравнивания давлений в полостях оребренного гидроцилиндра 9 и теплоизолированного аккумулятора 5 запорный клапан 13 закрывается, и одновременно по сигналу блока автоматического управления 6 подается напряжение на нагревательный элемент 11. Дальнейшее нагнетание паров СжПГ осуществляется за счет испарения и расширения ЛКЖ в оребренном гидроцилиндре 9 вследствие

подвода к ней теплоты нагревательным элементом 11.

По окончании процесса нагнетания СжПГ при положении мембраны 8 в крайнем верхнем положении по сигналу блока автоматического управления 6 открывается запорный орган 13 и часть ЛКЖ из оребренного гидроцилиндра 9 перепускается в теплоизолированный аккумулятор 5, что сопровождается снижением давления в оребренном гидроцилиндре и перемещению поршня 10 и мембраны 8 вниз. В этот период времени в теплоизолированном аккумуляторе накапливаются горячие пары ЛКЖ, а компрессорная полость заполняется парами СжПГ.

При достижении равенства давлений в гидроцилиндре 9 и аккумуляторе 5 по сигналу блока автоматического управления запорный клапан 13 закрывается – перепуск паров ЛКЖ в аккумулятор прекращается. Дальнейшее перемещение поршня 10 и мембраны 8 вниз осуществляется в результате конденсации паров ЛКЖ в гидроцилиндре 9 в процессе отвода тепла в окружающую среду через оребренную поверхность гидроцилиндра. По окончании заполнения компрессорной полости 7 парами СжПГ цикл возобновляется.

Таким образом, осуществляется рекуперация тепловой и потенциальной энергии горячих паров ЛКЖ.

Резерв повышения эффективности ГПБ может быть оценен сопоставлением параметров рабочих процессов базовой [5] и модернизированной (см. рис. 1) систем со следующими основными конструктивными параметрами: объем резервуара 7 м^3 ; среднесуточный коэффициент объемного испарения в пределах 0,3%; диаметр мембраны компрессорной полости – 0,26 м; ход мембраны – 0,25 м; диаметр поршня гидроцилиндра – 0,78 м; массовое содержание легкокипящей жидкости в системе гидроцилиндр-аккумулятор – 68 кг; коэффициент оребрения - 5; суммарная мощность электрических тенев – 7 кВт;

легкокипящая жидкость - диэтиловый эфир ($C_4H_{10}O$); максимальный объем теплоизолированного аккумулятора $V_{ак} - 0,175 \text{ м}^3$; ёмкость накопительного баллона – 50 л; максимальное давление заполнения накопительного баллона – 10 МПа.

Как видно из рис. 2 рабочий цикл рекуперативного ГПБ характеризуется более высокими скоростями изменения давления ЛКЖ в рабочем объеме гидроцилиндра и перемещения мембраны компрессорной полости. Интенсификация процессов (тактов) нагнетания и вытеснения СжПГ, обуславливающая более высокую цикличность, непосредственно связана с организацией энергообмена между рабочей полостью гидроцилиндра и аккумулятором, при которой вначале такта сжатия СжПГ горячие пары ЛКЖ из рабочего объема перепускаются в аккумулятор (участки 1–2, 5-6) с последующим возвратом в рабочую полость гидроцилиндра в начале такта сжатия СжПГ (участок 3 – 4).

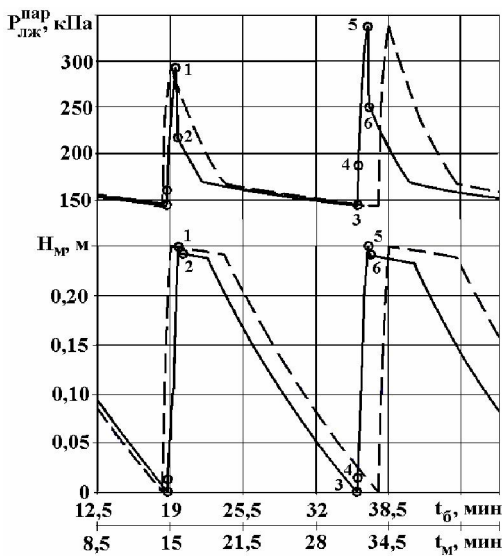


Рис. 2 Изменение давления ЛКЖ в полости гидроцилиндра $P_{лж}^{пар}$ и перемещение мембраны H_m во 2^м и 3^м рабочих циклах ГПБ:

t_0, t_m – соответственно время с начала работы базовой и модернизированной установок;
 ---- базовый ГПБ;
 — модернизированный ГПБ.

Участок 2 – 3 соответствует конденсации паров ЛКЖ за счет отвода теплоты через наружную поверхность оребренного гидроцилиндра; 4 – 5 – подводу теплоты к ЛКЖ в гидроцилиндре нагревательным элементом. Благодаря уменьшению периодов конденсации и нагревания ЛКЖ достигается повышение производительности ГПБ (в рассматриваемом устройстве на 17%).

Не менее заметное влияние процесс рекуперации оказывает на к.п.д. цикла. Тепловая и потенциальная энергия поступающих из аккумулятора в гидроцилиндр горячих паров ЛКЖ расходуется на парообразование, повышение энтальпии рабочего тела, а также работу нагнетательного перемещения мембраны компрессорной полости. Отмеченное, в конечном счете, способствует снижению энергозатрат на осуществление цикла ГПБ, причем по мере роста рабочего давления в аккумуляторе, сопровождающем рост давления паров СжПГ в накопительном баллоне в процессе его заправки, доля рекуперированной энергии неуклонно возрастает. Так, если на 2-ом цикле ГПБ доля возвращенной в цикл тепловой энергии составляет 15%, то на 6-ом цикле эта доля возрастает до 22% (рис. 3).

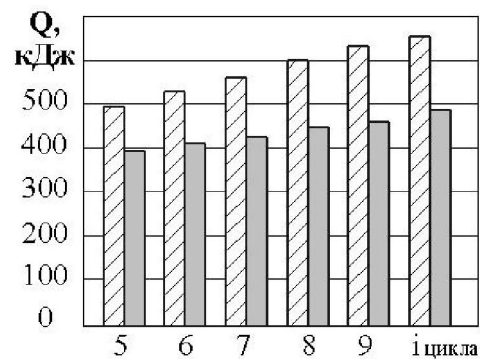


Рис. 3 – Затраты тепловой энергии нагревательного элемента на осуществление рабочих циклов ГПБ:

▨ - базовая установка; ■ - модернизированная

Общий расход энергии, подводимой нагревательным элементом при полной заправке накопи-

тельного баллона до 10 МПа в модернизированной установке снижается относительно базовой на 28,5%. Показатель эффективности при низшей теплоте сгорания природного газа 45 МДж/кг составляет 13,6.

Дальнейшее увеличение максимального давления заправки накопительного баллона в рассматриваемой конструкции ГПБ сопровождается заметным повышением энергозатрат и ограничено критической температурой ЛКЖ.

Заключение

Реализация рекуперативного принципа работы газоперекачивающего блока является действенным средством повышения эффективности комплекса бездренажного хранения сжиженного природного газа системы питания тепловозного ДВС.

Список литературы:

1. Васильев Ю.И., Гриценко А.И., Чириков К.Ю. Газозаправка транспорта.- М. : Недра, 1995. — 445с.
2. Газобаллонные автомобили/Е.Г. Григорьев, Б.Д. Колубаев, В.И. Ерохов и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 216с.:ил. 3. Гофман-Захаров П.М. Низкотемпературное хранение сжиженных технических газов. – К.: Техніка, 1966. – 224с. 4. Крайнюк А.И., Лутиков К.А. Комплекс бездренажного хранения сжиженного природного газа системы питания тепловозного дизеля // Двигатели внутреннего сгорания. - Харьков, 2005. - №2.- С. 143 - 146. 5. Крайнюк А.И., Лутиков К.А., Крайнюк А.А. Особенности рабочего процесса комплекса бездренажного хранения сжиженного природного газа в системе питания тепловозного дизеля // Вісн. Східноукр. нац. універс. ім. В. Даля. -Луганськ, 2006. - № 8 [102], ч.1.- С. 153-157.

УДК 689.12-8.004.5.001.5

R.A. Varbanets, Dr. Sci. Tech., V.G. Ivanovsky, Cand. Tech. Sci., A. N. Varbanets, eng.

EFFECTIVE AND RELIABLE OPERATION OF MARINE DIESEL BY WORKING PROCESS MONITORING

Summary. One of the most important conditions of marine diesel engine effective and safe operation is monitoring main parameters of working process during operation [1,2]. Modern specialized microcontrollers have high efficiency, integrated analog inputs, nonvolatile memory to store programs and data, low power consumption. Thanks to these features it has become possible to design a portable monitoring system enabling to control not only parameters of fuel combustion but also those of fuel injection and gas distribution during engine

operation. The system realizes methods of data processing given below.

Introduction. Peak pressure indicators widely used on ships determine only peak values of pressure in cylinders (P_{max}) or pressure at the end of compression (P_{comp}) at cut off fuel feed. However, besides P_{max} and P_{comp} there are a great deal of parameters; their monitoring during operation gives the possibility to carry out the qualitative control of technical condition and to perform precise adjustment of fuel equipment and gas distribution mechanism.