

УДК 662.99

© Барышов Д.П., Полянский В.И., Мазлумян Г.С., Першин С.М., Сова А.Н.  
Baryshov D., Mazlumyan G., Pershin S., Polyanskii V., Sova A.

## ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР СОСТАВА И ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАГНИТОЖИДКОСТНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

### RATIONALE AND CHOICE STRUCTURE AND PARAMETERS OF A COMBINED POWER PLANT USING MAGNETOZHIDKOSTNYH TECHNICAL FACILITIES

**Аннотация.** В статье обоснованы состав и параметры комбинированной силовой установки с применением магнитожидкостных технических средств. Разработанные научно-методический подход, методики и математические модели позволяют обосновать состав и параметры модернизируемых и новых комбинированных силовых установок с применением магнитожидкостных технических средств с целью повышения их коэффициентов полезного действия.

**Annotation.** In this article the structure and parameters of a combined power plants using magnetic liquid technology. Developed scientific and methodical approach, methods and mathematical models can justify the composition and parameters of modernization and new combined power plants using magnetic liquid techniques to improve their efficiency.

**Ключевые слова.** Магнитная жидкость, силовая установка, комбинированная силовая установка.

**Key words.** Magnetic fluid, engine, combined power plant.

**И**нновационные подходы в развитии вооружения, военной и специальной техники подразумевают применение новых конструктивно-компоновочных схем, новых способов и физических принципов, обеспечивающих повышение эффективности. Например, для дизельных электростанций (ДЭС) это может означать повышение коэффициента полезного действия (КПД) силовых установок на базе двигателей внутреннего сгорания, которое позволит экономить дизельное топливо, добиться сокращения расходов на эксплуатацию и увеличить автономность отдельных объектов.

ДЭС могут устраиваться для обеспечения энергией одного или группы близко расположенных объектов

(защищенных сооружений). Исходя из потребностей в электроэнергии, мощность объектовой ДЭС обычно находится в пределах 20...60 кВт. Мощность групповой ДЭС или крупного объекта может составлять 200...320 кВт. КПД дизельных двигателей невысок и составляет порядка 30...40% [1]. Это значит, что примерно 60...70% тепловой энергии рабочего тела двигателя не преобразовывается в механическую энергию. В системах жидкостного охлаждения в охлаждающую воду отводится 10...35% тепла, подведенного при сгорании топлива. Это количество зависит от типа дизеля, условий его работы и характеристик системы охлаждения. Для дизелей, работающих без наддува, в воду отводится 20...35% тепла, для дизелей с

Барышов Дмитрий Петрович – кандидат технических наук, доцент, кафедра «Транспортные установки», МАДИ;

Мазлумян Григорий Сергеевич – аспирант, кафедра «Транспортные установки», МАДИ

Першин Сергей Михайлович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ФБУ 4 ЦНИИ Минобороны России, тел. (495)543-36-76;

Полянский Владимир Иванович – доктор технических наук, профессор, генеральный директор, ОАО «Корпорация «Стратегические пункты управления – Центральное конструкторское бюро тяжелого машиностроения»;

Сова Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Транспортные установки», МАДИ.

Baryshov Dmitry – candidate of technical sciences, associate professor, department "Transport Setup", MADI;

Mazlumyan Gregory – graduate student, department "Transport Setup", MADI;

Pershin Sergei – Ph.D., senior researcher FBU 4 CRI Russian Defense Ministry, tel. (495)543-36-76;

Polyansky Vladimir – doctor of technical sciences, professor, director general of OJSC "Corporation" strategic points of control - Central Design Bureau of heavy machine building;

Sova Alexander – doctor of technical sciences, professor, head of department "Transport facilities", MADI.

наддувом – 20...25%. Ориентировочно для расчетов можно принимать, что в воду отводится 27% тепла. С выхлопными газами отводится 35...45% тепловой энергии рабочего тела, а за счет излучения в окружающую среду и прочих причин – до 5%.

Таким образом, потери энергии в виде тепла на объектовой ДЭС можно охарактеризовать мощностью 30...140 кВт, а на групповой ДЭС или ДЭС крупного объекта – 300...750 кВт. Данные потери являются значительной нагрузкой для различного рода систем охлаждения. Уровень технического совершенства систем отвода тепла от дизелей в настоящее время позволяет справляться с такой тепловой нагрузкой, но тепловая энергия при этом утрачивается безвозвратно. В связи с этим представляется целесообразным не только отводить тепло от дизельных двигателей, но и преобразовывать его в другие виды энергии, например, в механическую, а затем – в электрическую. Значит, потребуются разработка структурных схем, основанных на новых перспективных способах и средствах отвода и преобразования тепловой энергии.

Для этой цели предлагается использовать комбинированную силовую установку (КСУ) с дизельным двигателем внутреннего сгорания (ДВС), паросиловым двигателем (ПСД) и низкотемпературной конденсатной турбиной (НКТ), обеспечивающими отвод и преобразование тепловой энергии охлаждающей жидкости и выхлопных газов ДВС (рис. 1).

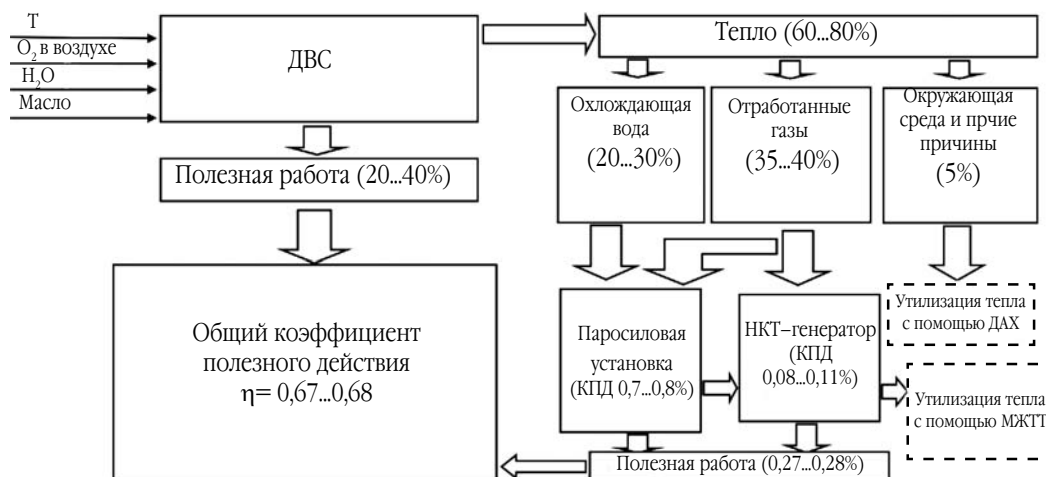


Рис.1. Схема отвода и преобразования тепла в КСУ

Для оценки показателя качества (эффективности применения) предлагаемой КСУ и обоснования ее рациональных конструктивно-компоновочных схем (ККС), параметров и характеристик была разработана математическая модель КСУ «ДВС-ПСД-НКТ», которая представляет собой алгебраическое выражение (1) относительно прироста ее КПД и позволяет учесть структуру и па-

раметры ее элементов при обосновании выбора рациональных вариантов:

$$\eta_{\text{КСУ}} - \eta_{\text{ДВС}} = \frac{Q_{\text{ОЖ}} + Q_{\text{ВГ}} \cdot \eta_{\text{ПСД}}}{Q_{\text{ндвс}}^{\text{КСУ}}} + \frac{Q_{\text{ВГ}} \cdot \eta_{\text{НКТ}} - \frac{Q_{\text{ВГ}}}{Q_{\text{ндвс}}^{\text{КСУ}} \cdot \eta_{\text{ПСД}} \cdot \eta_{\text{НКТ}}}{A}}; \quad (1)$$

$$A = \left(1 - \frac{Q_{\text{ОЖ}} + Q_{\text{ВГ}} + Q_{\text{ОС}}}{Q_{\text{ндвс}}^{\text{КСУ}}}\right) \cdot Q_{\text{ндвс}}^{\text{КСУ}}$$

Результаты оценки относительного прироста коэффициента полезного действия КСУ позволяют сделать вывод о том, что для обеспечения более высокого его значения требуется использовать в структуре КСУ паросиловый двигатель, реализующий наиболее эффективный паросиловой цикл преобразования тепловой энергии в механическую энергию, и низкотемпературную конденсационную турбину, включенные последовательно и имеющие максимальные из технически реализуемых КПД. В соответствии с этим принципиальная схема (рис. 2) предлагаемой конструкции КСУ содержит ДВС, паросиловый двигатель и низкотемпературную конденсационную турбину, использующие энергию выхлопных газов и охлаждающей жидкости дизельного двигателя в парогенерирующем устройстве.

Применение в парогенерирующем устройстве ме-

ханизмов термомагнитной конвекции при фазовых переходах магнитной жидкости может позволить улучшить условия теплоотдачи в пограничном слое и обеспечить повышение коэффициента теплоотдачи при пузырьковым и пленочном кипении магнитной жидкости в парогенераторе. Моделирование процессов функционирования парогенераторов в условиях фазовых переходов маг-

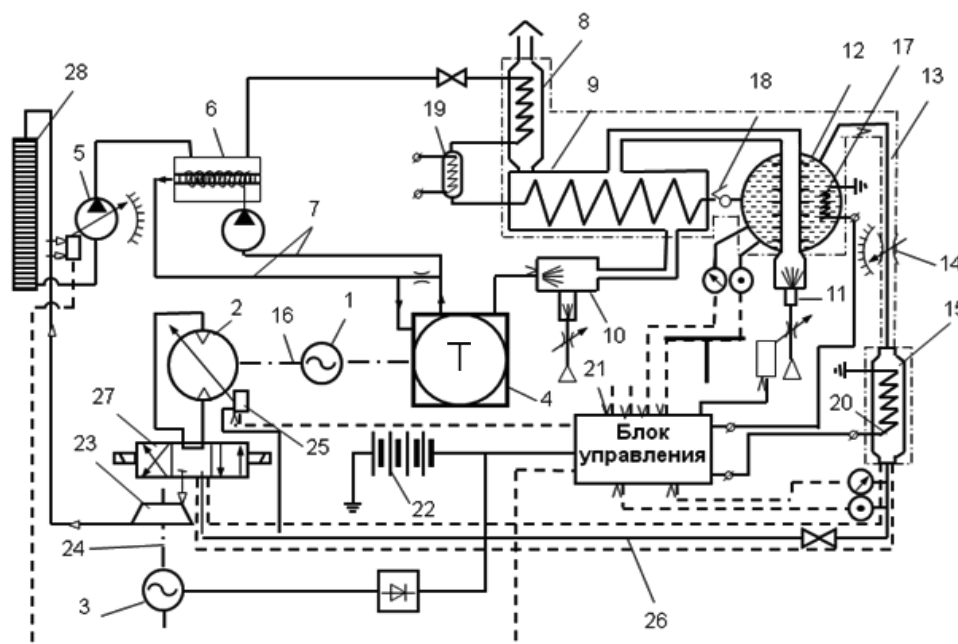


Рис.2. Принципиальная схема комбинированной силовой установки:

1, 3 – электрогенератор; 2 – паровой двигатель; 4 – ДВС; 5 – конденсатный насос; 6 – подогреватель конденсата; 7 – каналы подвода тепла; 8 – подогреватель; 9 – основной нагреватель; 10, 11 – топливная горелка; 12 – канал-теплоаккумулятор; 13 – выходной трубопровод; 14 – дросселирующее управляемое устройство; 15 – пароперегреватель; 16 – вал парового двигателя; 17, 19, 20 – электронагреватель; 18 – обратный клапан; 21 – блок управления; 22 – блок аккумуляторов; 23 – НКТ; 24 – вал НКТ; 25 – исполнительный механизм ПСД; 26 – паропровод; 27 – рабочая камера ПСД; 28 – конденсатор

нитной жидкости было проведено с помощью экспериментальной установки, в которой канал рабочей области, заполненный магнитной жидкостью, снаружи охвачен по длине электромагнитами, формирующими электромагнитную систему, создающую магнитное поле требуемой направленности. При этом была разработана математическая модель (2) процесса теплоотдачи, представляющая собой степенную модель регрессии, параметры которой оценивались после ее линеаризации по результатам экспериментальных исследований на основе метода наименьших квадратов

$$\alpha_i = C \times Pr_i^{m_1} \times Re_i^{m_2} \times \left( \frac{F_H + F_0}{F_0} \right)_i^{m_3} \times \left( \frac{G_T + G_{II}}{G_{II}} \right)_i^{m_4} \times e^l. \quad (2)$$

На основе приведенных математических моделей проведена оценка эффективности предлагаемой КСУ на магнитной жидкости. При этом определялась доля тепловой энергии, которая возвращалась в КСУ в рабочий цикл. В сравнении с объектовой ДЭС (20...60 кВт) разработанная конструкция КСУ «ДВС–ПСД НКТ» с парогенерирующим устройством на магнитной жидкости позволяет в результате применения новых технических решений возвращать до 28% тепловой энергии, выделяемой при работе ДВС, в охлаждающую жидкость и с продуктами сгорания топлива. Таким образом, КПД силовой установки можно повысить с 40% до 68%. Сравнение с групповой ДЭС или ДЭС крупного объекта (200...320 кВт) КСУ даст больший прирост КПД из-за повышения КПД парогенерирующего устройства и низкотемпературной конденсационной турбины.

**Литература**

1. Источники и преобразователи энергии / В.Я. Морозов [и др.]. – М.: МО СССР, 1991. – 524 с.  
 2. Берковский Б.М. Магнитные жидкости / Б.М. Берковский, В.Ф. Медведев, М.С. Краков. – М.: Химия, 1989. – 240 с.

Материал поступил в редакцию 29. 11. 2012 г.