

*Бритвин Д.А. Формирование конструктивного типа главной турбинной установки // Академия педагогических идей «Новация». – 2019. – №9 (сентябрь). – АРТ 231-эл. – 0,3 п. л. – URL: <http://akademnova.ru/page/875548>*

**РУБРИКА: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**УДК 629.12**

**Бритвин Денис Андреевич**  
студент 1 курса, направление подготовки  
Кораблестроение, океанотехника и систематика объектов морской  
инфраструктуры  
Институт судостроения и морской арктической техники (СЕВМАШВТУЗ)  
г. Северодвинск, Российская Федерация  
e-mail: [denis.britwin2014@yandex.ru](mailto:denis.britwin2014@yandex.ru)

**ФОРМИРОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОГО ТИПА ГТУ**

*Аннотация:* В данной статье содержится описание видов судовых энергетических установок, приведены их плюсы и минусы. Осуществлён выбор типа энергетической установки для судна типа фрегат.

*Ключевые слова:* АЭУ – атомная энергетическая установка, ГТД – газотурбинный двигатель, ДВС – двигатель внутреннего сгорания, КЭУ – комбинированная энергетическая установка, ПТУ – паротурбинная установка, СПГГ – свободнопоршневой генератор газа, СЭУ – судовая энергетическая установка.

**Britvin Denis A.**

1st year student, field of study

Shipbuilding, ocean engineering and systematics of marine infrastructure  
Institute of shipbuilding and marine Arctic engineering (SEVMASHVTUZ)

Severodvinsk, Russian Federation

e-mail: [denis.britwin2014@yandex.ru](mailto:denis.britwin2014@yandex.ru)

## **THE FORMATION OF CONSTRUCTIVE TYPE GTU**

*Abstract:* this article describes the types of marine power plants, their pros and cons. The choice of the type of power plant for the vessel of the frigate type is carried out.

*Keywords:* NPP-nuclear power plant, GTE-gas turbine engine, ICE - internal combustion engine, CPP-combined power plant, STP-steam turbine plant, FPGG-free piston gas generator, SPP-ship power plant

Судовая энергетическая установка – это сложный комплекс технических средств, предназначенных для обеспечения движения судна с определенной скоростью и снабжения энергией всех находящихся на борту устройств и приборов. Механизмы, системы и оборудование СЭУ, предназначенные для обеспечения движения судна, составляют главную энергетическую установку. Основными элементами ГЭУ являются главный двигатель, валопровод и движитель.

Тип энергетической установки является важным экономическим показателем судна, характеризующим уровень его строительной стоимости, эксплуатационных затрат и экономическую эффективность в целом. На этапе строительства судна затраты на СЭУ составляют от 20% до 35% общей

стоимости, и от 35% до 50% затрат на содержание судна во время его эксплуатации. Помимо этого, от типа ЭУ в значительной мере зависят такие мореходные качества как скорость, маневренность, дальность плавания. В связи с этим правильный выбор типа судовой энергетической установки и её проектирование является одним из важнейших этапов создания судна.

Выбор типа установки для проектируемого судна обычно производится на основе сравнительной оценки наиболее перспективных вариантов СЭУ, удовлетворяющих поставленным требованиям.

Исходными данными для выбора типа СЭУ в общем случае являются:

- тип и назначение судна;
- ориентировочная мощность главных двигателей на расчетных режимах;
- оптимальная частота вращения гребных винтов;
- район его эксплуатации и дальность плавания;
- скорость хода судна и основные характеристики его корпуса;
- требования к маневренности СЭУ;
- ориентировочные расходы энергии на судовые механизмы, системы и устройства в основных эксплуатационных режимах.

Исходя из вышесказанного, проведем сравнение различных типов судовых энергетических установок. Общая классификация СЭУ включает в себя следующие типы установок: дизельная установка; паротурбинная установка; газотурбинная установка; атомная энергетическая установка и комбинированная энергетическая установка.

Дизельные энергетические установки ДЭУ.

В ДЭУ главным двигателем является судовой двигатель внутреннего сгорания, в котором химическая энергия топлива преобразуется в механическую энергию вращения вала, что обуславливает высокий

коэффициент полезного действия. Так же дизельные установки получили широкое применение на судах различного назначения из-за ряда следующих положительных качеств:

- возможность создания больших агрегатных мощностей на базе стандартных типоразмеров цилиндров;
- доступность различных типов передач;
- относительная простота автоматизации управления.

Паротурбинные энергетические установки ПТУ.

В ПТУ качестве главного двигателя используется паровая турбина, для которой рабочим телом служит пар, получаемый в котельных установках. Паротурбинные энергетические установки применяются в основном на морских судах с большими потребными мощностями на валу до 20000 - 30000 кВт. Достигнутые успехи в области повышения тепловой экономичности и надежности ПТУ сделали возможным их применение на судах с мощностью на гребном валу более 20000 кВт.

Недостатком этих установок по сравнению с другими является низкая экономичность. Повышение экономичности возможно за счет применения дешевых сортов топлива и повышения коэффициента полезного действия отдельных составляющих частей ПТУ.

Газотурбинные энергетические установки ГТУ.

Газотурбинные установки применяются в основном на судах с динамическими принципами поддержания и на водоизмещающих судах практически не применяются. Главным двигателем для данных установок служит газотурбинный двигатель. В ГТУ, как и в ДЭУ, преобразование химической энергии топлива в энергию вращения происходит в едином агрегате – ГТД, такие ГЭУ являются пропульсивными. В некоторых газотурбинных установках главным двигателем является газовая турбина,

которая получает рабочее тело – газ из отдельно расположенного генератора газа. В таком случае в пропульсивную установку входит только газовая турбина.

Простейшие ГТУ по сравнению с другими типами СЭУ имеют следующие преимущества:

- большая агрегатная мощность при минимальной удельной массе и габаритах;

- простота обслуживания;

- приспособленность к автоматизации и дистанционному управлению.

Вместе с тем ГЭУ имеют и ряд недостатков:

- относительно низкая экономичность из-за ограниченной начальной температуры газа;

- зависимость надежности и экономичности ГЭУ открытого цикла от коррозионного воздействия внешней среды;

- трудность осуществления реверса;

- жесткие требования к качеству топлива, используемого в ГЭУ открытого типа;

- большие размеры воздухо– и газоходов, что усложняет компоновку ГЭУ.

**Атомная энергетическая установка АЭУ**

Атомная энергетическая установка отличается – наличием ядерной паро или газопроизводящей установки, вырабатывающей рабочее тело. При этом как уже было описано в ГТУ в состав пропульсивной установки входит только паровая или газовая турбина. Стоит отметить что наибольшее распространение получили паропроизводящие ядерные установки.

В комбинированных энергетических установках используются различные виды двигателей: ДВС, ГТД, паровые и газовые турбины,

способные работать независимо друг от друга либо могут иметь термодинамически рабочий процесс связывающий их.

На сегодняшний день фрегаты являются боевыми кораблями, обладающими универсальным ракетно-артиллерийским вооружением, основное назначение которых – борьба с воздушным и надводным противником. Однако спектр выполняемых задач гораздо шире. Суда класса «фрегат» так же выполняют такие задачи как:

- патруль прибрежных и открытых морских зон;
- проведение точечных десантов;
- боевые походы;
- поисково-спасательные операции;
- огневая поддержка береговых частей и войск;
- противовоздушная и противолодочная оборона кораблей и судов.

Поставленные задачи выполняются в различных водных районах, для чего корабли класса «фрегат» должны отвечать характеристикам высокой мореходности, иметь способность совершать длительные переходы, обладать неограниченным районом плавания.

Основными ходовыми режимами, обеспечивающими выполнение боевых и повседневных функций для такого класса кораблей, являются:

- Малый ход от 5 узлов до 12 узлов. Развивается при выполнении операций по поиску ПЛ противника, осуществлении слежения за ними, огневой поддержке береговых частей, обеспечении высадки десанта,

- Средний ход от 12 узлов до 20 узлов. Как правило, достигают при сопровождении конвоев, корабельных групп и при длительных переходах морем;

- Большой ход от 20 узлов до 30 узлов. Развивают для кратковременных операций по перехвату кораблей противника, их уничтожения, и при поисково-спасательных операциях.

Таким образом основными диапазонами ходовых режимов, развиваемых до 85÷90 % ходового времени, являются малые и средние хода. Развитие полного хода для такого класса кораблей осуществляется достаточно редко и составляет 10÷15 % от общего ходового времени.

Кроме того, длительные переходы морем, с целью обеспечения заданной дальности плавания приблизительно 5000 миль, должны осуществляться достаточно быстро и с максимальной экономией топлива.

Исходя из решаемых задач и основных ходовых режимов, корабль класса «фрегат» должен обладать следующими основными свойствами:

- минимальным временем развития хода от малого до полного и наоборот, обеспечением возможности частых и глубоких режимов реверсов как на передний, так и на задний ход, что характеризует маневренность судна;

- высокой живучестью, то есть сохранять возможность развития хода при частичном выходе из строя энергетической установки при получении повреждений;

- высокими мореходными качествами и управляемостью;

- иметь возможность производить буксировку других кораблей и судов.

В соответствии с предъявляемыми требованиями к свойствам корабля данного класса, примененная на нем энергетическая установка должна обладать следующими свойствами:

- мощностью, достаточной для развития судном водоизмещением 6000 т скорости в 30 узлов;
- высокой маневренностью;
- надежно работать диапазоне мощностей для обеспечения устойчивых режимов ходов от малых до полных;
- иметь высокую степень автоматизации основных процессов и переходных режимов;
- обладать повышенной живучестью при получении аварийных и боевых повреждений;
- иметь достаточный ресурс и срок службы;
- быть простой в эксплуатации и обеспечивать проведение ремонтных и восстановительных работ как на специализированных судостроительных заводах, так и в местах базирования.

Всем перечисленным требованиям наиболее полно соответствует газотурбинная энергетическая установка.

Газовая турбина отличается от паровой тем, что рабочим телом ее является не пар из котлов, а газы, образующиеся при сгорании топлива в специальных камерах.

Устройство и работа газовой турбины аналогичны устройству и работе паровой турбины. Они также бывают активными, то есть расширение газа происходит только в неподвижных направляющих аппаратах, а на рабочих лопатках используется лишь их кинетическая энергия, или реактивными, в которых расширение пара или газа происходит также и при движении рабочего тела в каналах рабочих лопаток, однокорпусные, многокорпусные и тому подобные. Отличаются газовые турбины от паровых более высокими температурными нагрузками: температура горячих газов лежит в пределах 700–800°С.



В зависимости от способа сжатия воздуха и образования горячих газов различают газотурбинные установки с камерой горения и ГТУ со свободно-поршневыми генераторами газа СПГГ. Отрицательным качеством ГТУ является большая потеря тепла при отводе отработавших газов.

Методом повышения экономичности ГТУ является использование тепла отработавших газов для подогрева воздуха, поступающего в камеру сгорания, так называемая регенерация.

Применение регенерации с одновременным двухступенчатым сжатием воздуха повышает эффективный к.п.д. установки до 28—30%. Такие ГТУ находят применение в качестве судовых силовых установок.

В судовой газотурбинной установке с камерой горения атмосферный воздух засасывается, сжимается компрессором низкого давления, располагаемым на одном валу с газовой турбиной, и направляется в холодильник, охлаждаемый забортной водой. Охлажденный воздух поступает в компрессор высокого давления, где снова сжимается до более высокого давления, после чего подается в регенератор, откуда подогретый отработавшими газами идет в камеру горения, где сгорает подающееся туда топливо. Продукты сгорания расширяются в газовой турбине и через регенератор, отдав в нем часть тепла воздуху, выходят в атмосферу или используются в утилизационном котле.

Энергия, развиваемая в газовой турбине, не полностью используется по основному назначению, а частично расходуется на привод компрессоров. Для запуска газовой турбины ее необходимо раскрутить пусковыми электромоторами.

Газотурбинная установка со свободно-поршневым генератором газа СПГГ представляет собой активную или реактивную турбину и дизельный цилиндр, в котором происходит сжигание топлива.

Цилиндр СПГГ имеет два рабочих поршня на одних штоках с поршнями компрессоров. При сгорании смеси воздуха с топливом, подаваемым через форсунку, газы в цилиндре расширяются, раздвигая поршни. В полостях компрессорных цилиндров создается разрежение и через клапаны атмосферный воздух засасывается. Одновременно в полости компрессорных цилиндров воздух сжимается и рабочие поршни возвращаются в исходное положение.

При расхождении поршней в цилиндре открываются сначала выхлопные окна, затем продувочные. Отработанные газы через выхлопные окна поступают в ресивер и оттуда — в газовую турбину.

При обратном ходе компрессорных поршней выхлопные и продувочные окна закрываются, воздух из полости нагнетается в продувочный ресивер, а воздух в рабочем цилиндре сжимается. В конце сжатия температура воздуха поднимается и впрыснутое в этот момент форсункой топливо воспламеняется. Начинается новый цикл работы свободно-поршневого генератора газа.

Эффективный к.п.д. такой комбинированной газотурбинной установки с СПГГ приближается к 40%, что делает выгодной их установку на судах. Газотурбинные установки с СПГГ перспективны и должны широко использоваться на судах в качестве главных двигателей.

Однако все турбины вращаются только в одну сторону и являются нереверсивными, то есть они не могут изменять направление вращения. Поэтому на одном валу с главными турбинами переднего хода обычно предусматривают турбины заднего хода. Мощность судовых турбин заднего хода не превышает 40 – 50% мощности турбин переднего хода. Поскольку эти турбины не должны обеспечивать высокую экономичность в работе, число ступеней в них невелико.

Работа над судовыми газотурбинными установками ГТУ по существу носит еще экспериментальный характер, так как все еще не создано их серийной конструкции.

В качестве ГЭУ корабля мною первоначально выбрана газотурбинная установка, состоящая из одной форсажной (ускорительной) газотурбинной установки, с помощью которой корабль достигает максимальной скорости хода 30 узлов.

Выбранным ФГТД в составе разрабатываемой форсажной газотурбинной установки является газотурбинный двигатель авиационного типа простого открытого цикла, выполненный по двухвальной схеме с осевым компрессором, обеспечивающей прямооточность движения рабочего тела (воздуха и газов), при которой достигается уменьшение массы и увеличение к.п.д. ГТД.

#### **Список использованной литературы:**

1. Соболенко А. Н. Судовые энергетические установки: дипломное проектирование. Часть 1,2: учебное пособие / А.Н. Соболенко, Р.Р. Симашов. - Москва: МОРКНИГА, 2015.
2. Емельянов П. С. Судовые энергетические установки: учебное пособие / П.С. Емельянов. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург: Издательство ГМА им. адм. С.О. Макарова, 2008. - 171 с.
3. Трубилов М. А., Арсеньев Г.В. Паровые и газовые турбины. – М.: Энергоатомиздат, 1985.
4. Петров П.П., Савенков А.М. Свободнопоршневые двигатели для газовой промышленности. – М.: Машгиз, 2008.
5. Зайцев В. И. Судовые паровые и газовые турбины. – М.: Транспорт, 1981.

*Дата поступления в редакцию: 06.09.2019 г.*

*Опубликовано: 06.09.2019 г.*

© Академия педагогических идей «Новация», электронный журнал, 2019

© Бритвин Д.А., 2019