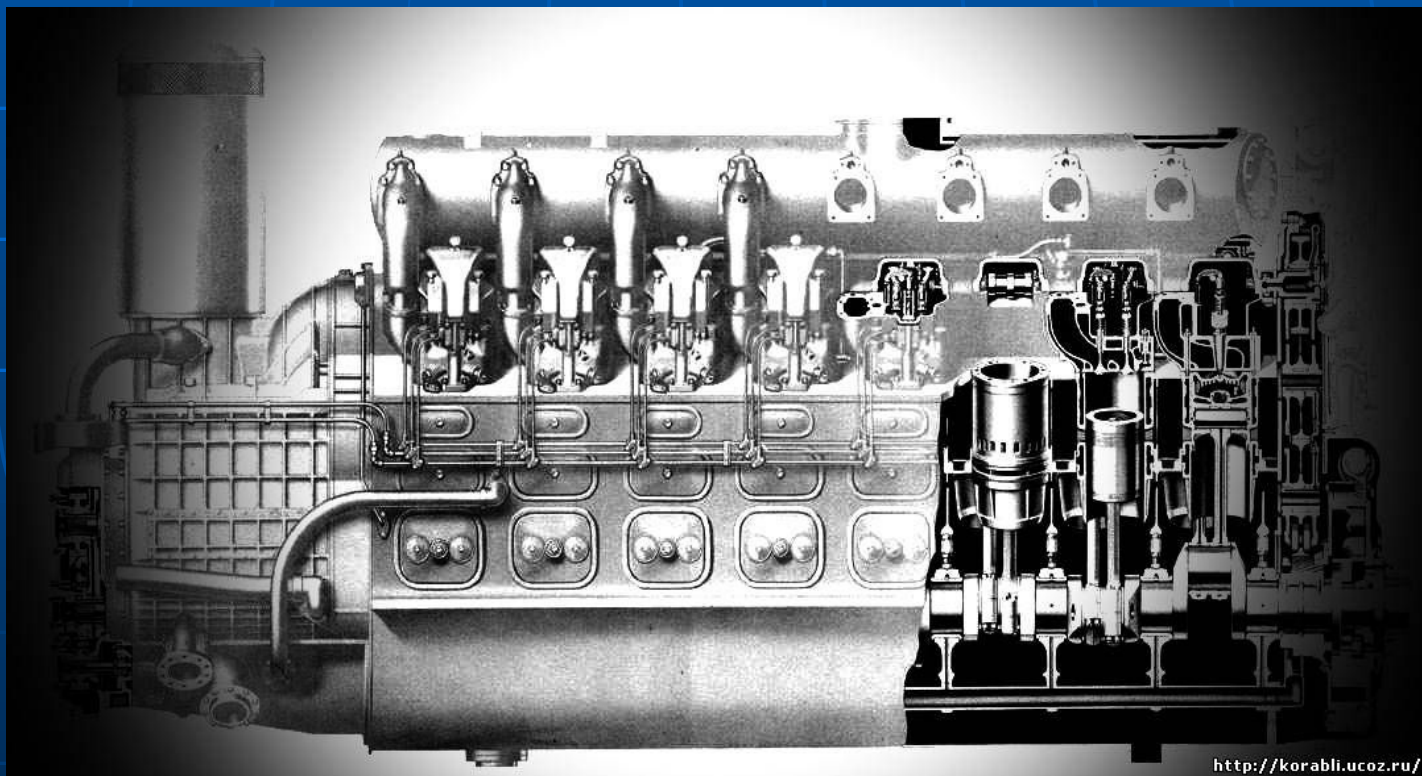


Судовые силовые и энергетические установки



Возможно, первый судовой двигатель появился так. Наш далекий предок, усевшись на упавшее в водный поток бревно, решил переправиться на другой берег реки. Загребая воду ладонями, как веслами, он сочетал в себе и первый двигатель - в одну «человеческую» силу - и первый движитель, которым являлись его руки. Но постепенно люди, изучив законы природы, поставили их себе на службу. Ветер, вода и, наконец, пар отчасти заменили силу мышц. На смену веслам пришел парус, а паруса начала вытеснять машина.

Идея создать паровой двигатель возникла более 2000 лет назад. Греческий ученый Герон, живший в Александрии, сконструировал оригинальную паровую машину. Значительно позже английский механик Джеймс Уатт создал паровую машину, которой суждено было стать первой судовой силовой установкой.

ПАРОХОДЫ

11 августа 1807 года принято считать днем рождения парового судна. В этот день произошло испытание парохода, построенного талантливым американским инженером Робертом Фултоном. Пароход «Клермонт» открыл регулярные рейсы по реке Гудзон между Нью-Йорком и Олбени. В 1838 году британский пароход «Great Eastern» пересек Атлантику, не поднимая парусов, хотя и имел парусное вооружение. Рост промышленности требовал корабли и суда, которые могли бы независимо от воли стихии совершать регулярные рейсы по Атлантическому и Тихому океанам. В XIX веке резко возросли размеры паровых судов, а вместе с ними и мощности паровых машин. К 90-м годам мощность их была доведена до 9000 лошадиных сил.

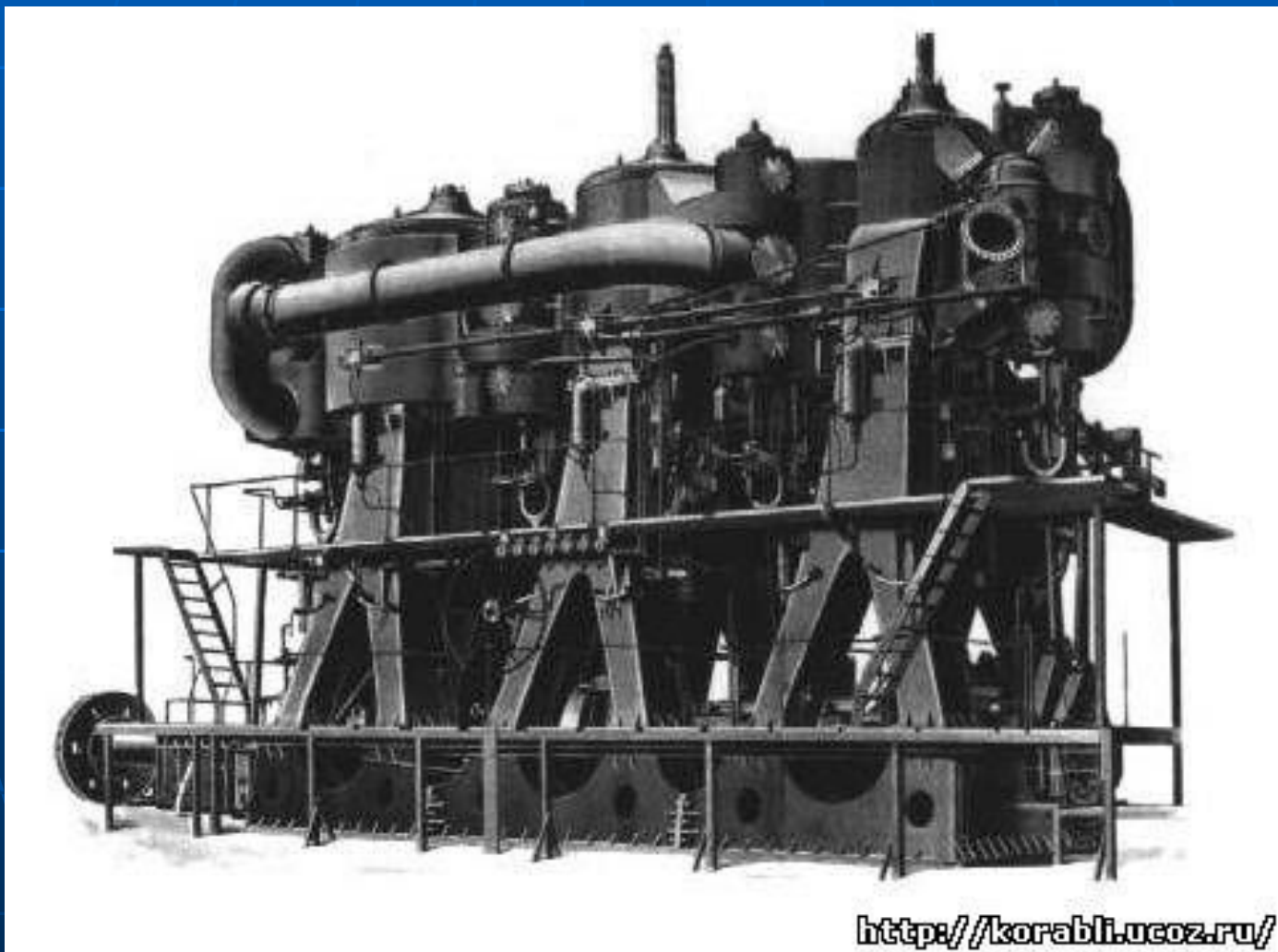
Постепенно паровые машины становились все более мощными и надежными. Первые судовые силовые установки состояли из поршневой паровой машины и больших маломощных котлов, отапливаемых углем.

Сто лет спустя коэффициент полезного действия (КПД) паровой силовой установки уже равнялся 30 процентам, и развивала мощность до 14720 кВт, а число обслуживающего персонала сократилось до 15 человек. Но малая производительность паровых котлов требовала увеличения их количества.

На грани двух веков паровыми машинами оборудовались в основном пассажирские суда и грузопассажирские корабли, чисто грузовыми судами были только парусники. Это объяснялось несовершенством и малой эффективностью паровой силовой установки того времени.

Применение появившихся в 80-х годах XIX века водотрубных котлов, которые сейчас работают на жидком топливе, улучшило эффективность паровых силовых установок. Но коэффициент полезного действия их достиг всего лишь 15 процентов, чем и объясняется прекращение постройки пароходов. Но в наше время еще можно встретить суда, приводимые в движение поршневыми паровыми машинами это речной пароход «American Queen».

СУДОВЫЕ ПОРШНЕВЫЕ ПАРОВЫЕ МАШИНЫ



<http://korabli.ucoz.ru/>

В судовых силовых установках с паровыми машинами в качестве рабочего тела используется водяной пар. Поскольку пресную воду на судах можно перевозить только в ограниченном количестве, в данном случае применяют замкнутую систему циркуляции воды и пара. Разумеется, при работе силовой установки возникают определенные потери пара или воды, однако они незначительны и возмещаются водой из цистерны или испарителей. Упрощенная схема такой циркуляции дана на рисунке.

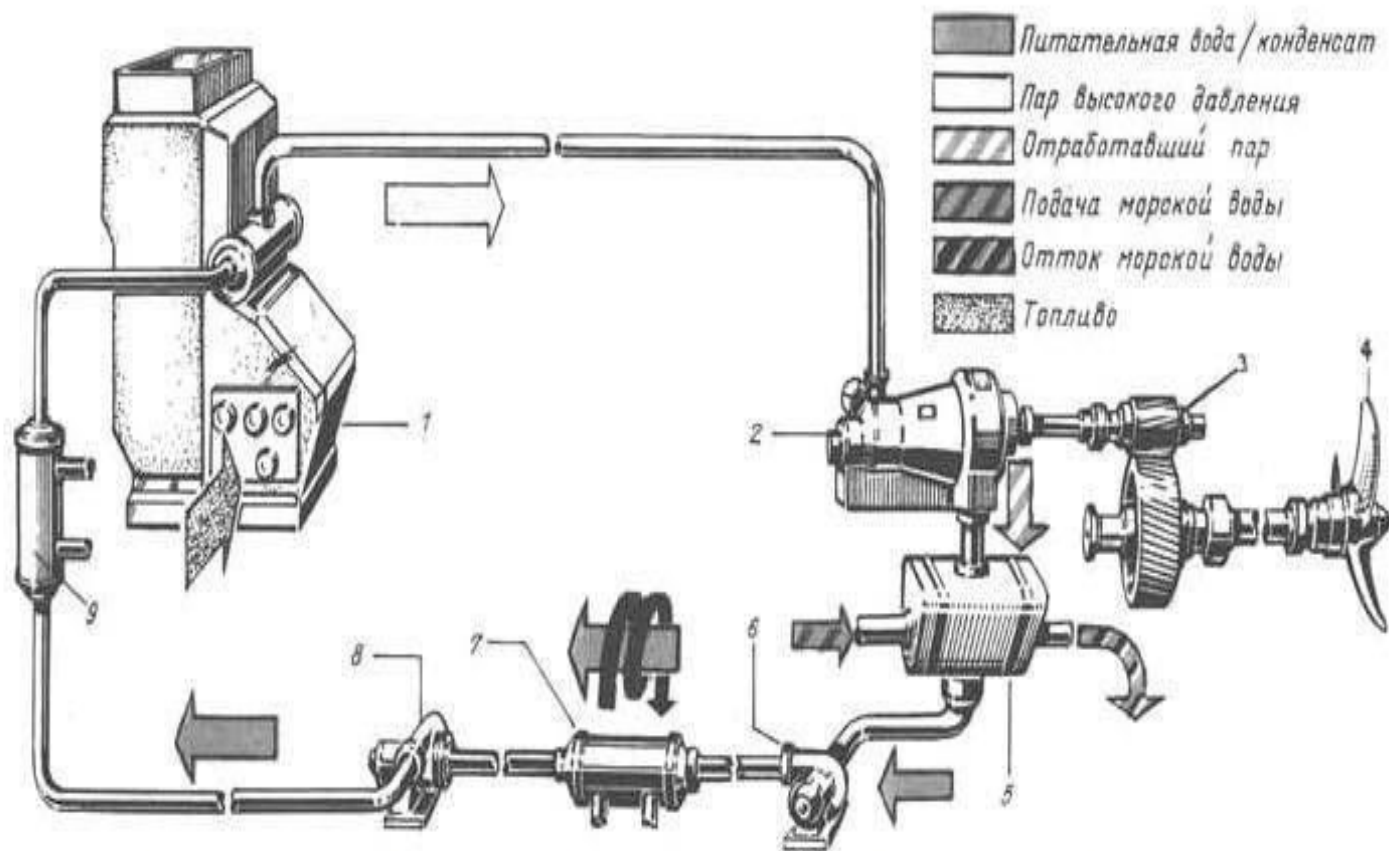


Схема пароводяной циркуляционной системы судовой паротурбинной установки.

1 — парогенератор; 2 — турбина; 3 — редуктор; 4 — гребной винт; 5 — конденсатор; 6 — конденсатный насос; 7 — подогреватель низкого давления; 8 — питательный насос; 9 — подогреватель высокого давления.

Рисунок 1

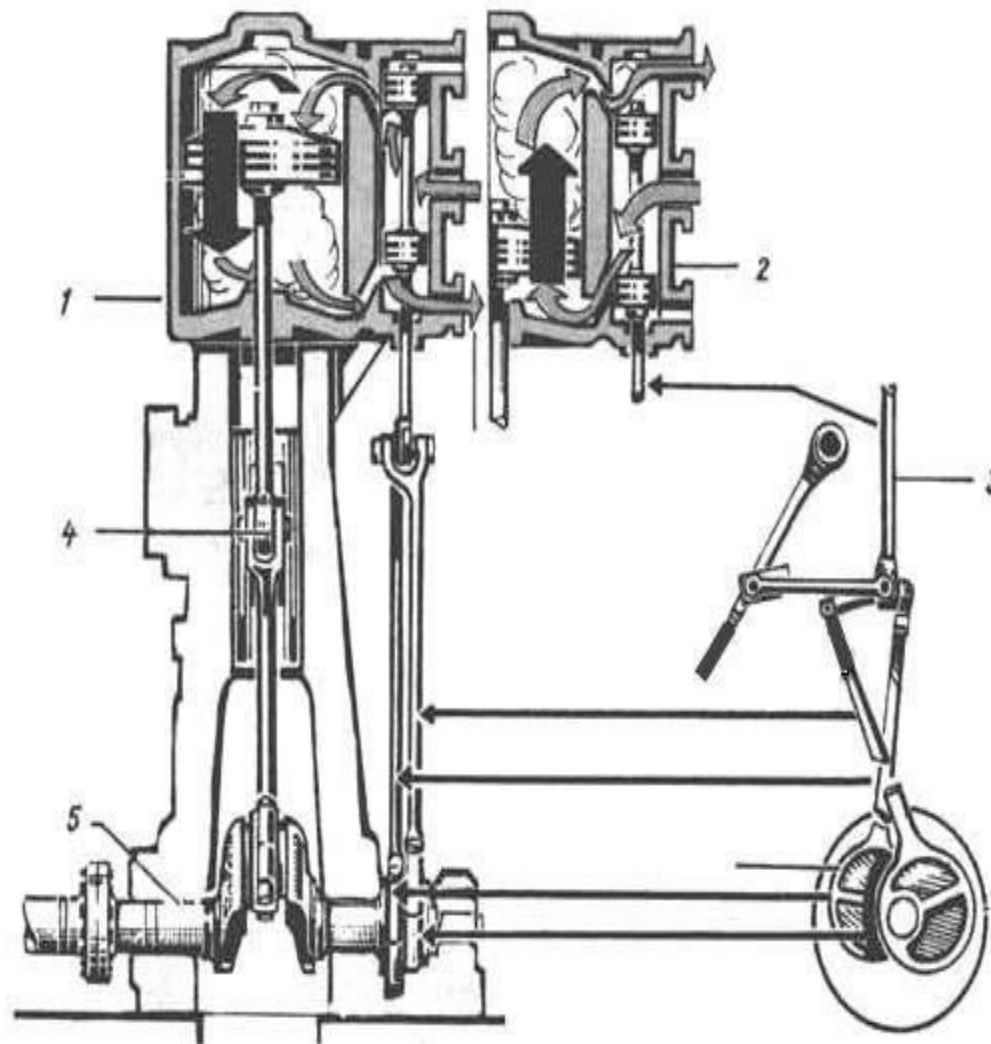
ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ПОРШНЕВОЙ ПАРОВОЙ МАШИНЫ

Рабочий пар подается в паровой цилиндр через паровые поршни. Он расширяется, давит на поршень и заставляет его скользить вниз. Когда поршень достигает своей нижней точки, парораспределительный золотник изменяет свое положение. Свежий пар подается под поршень, в то время как пар, заполнявший прежде цилиндр, вытесняется.

Теперь поршень движется в противоположном направлении. Таким образом, поршень совершает во время работы движения вверх и вниз, которые с помощью кривошипно-шатунного механизма, состоящего из штока, ползуна и соединенного с коленчатым валом шатуна, преобразуются во вращательные движения коленчатого вала. Впуск и выпуск свежего и отработавшего пара регулируют клапаном. Клапан приводится в действие от коленчатого вала посредством двух эксцентриков, которые через штанги и шатун соединены с золотниковой штангой.

Перемещение шатуна с помощью переводного рычага вызывает изменение количества пара, заполнившего цилиндр за один подъем поршня, а следовательно, меняются мощность и частота вращения машины. Когда шатун находится в среднем положении, пар уже не входит в цилиндр, и паровая машина прекращает движение. При дальнейшем перемещении шатуна с помощью переводного рычага машина снова приводится в движение, на этот раз в противоположном направлении. Это обуславливает обратное движение судового двигателя.

В первых судовых силовых установках применяли поршневые паровые машины, в которых расширение от входного до выходного давления и до давления в конденсаторе происходило в одном цилиндре. Принцип действия поршневой паровой машины показан на рисунке 2. Со временем стали применять машины многоступенчатого расширения. Принцип действия машины трехступенчатого расширения схематично показан на рисунке.



Паровая машина

1 — цилиндр низкого давления; 2 — цилиндр высокого давления; 3 — механизм управления; Л — ползун; 5 — коленчатый вал

Рисунок 2

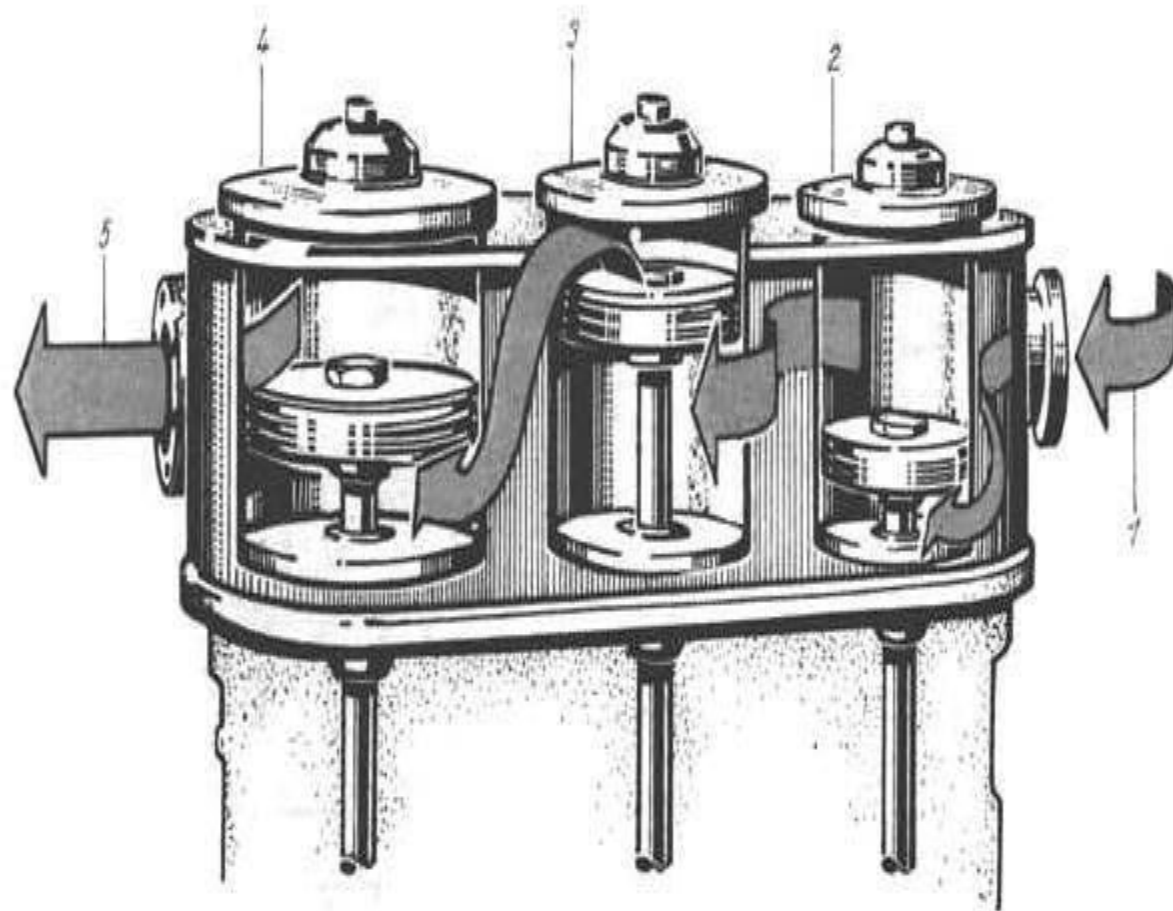


Схема прохождения пара в поршневой паровой машине трехкратного расширения.

1 — вход ларе; 2 — цилиндр высокого давления; 3 — цилиндр срезного давления; 4 — цилиндр низкого давления; 5 — выход пара

Рисунок 3

ЭЛЕКТРОХОДЫ

В 1838 году жители Петербурга могли наблюдать, как по Неве двигалась небольшая лодка без парусов, весел и трубы. Это и был первый в мире электроход, построенный академиком Б. С. Якоби. Моторы судна потребляли энергию от аккумуляторных батарей. Изобретение ученого почти на целый век опередило мировую судостроительную науку. Но практическое применение на судах этот двигатель получил только на подводных лодках для движения в подводном положении. К недостаткам электроходов относят относительную сложность силовой установки.

ТУРБОХОДЫ



Применение турбины в качестве главного двигателя нашло себя на судне под названием «Turbinia» водоизмещением 45 тонн, которое было спущено на воду в Англии конструктором Чарльзом Парсонсом.

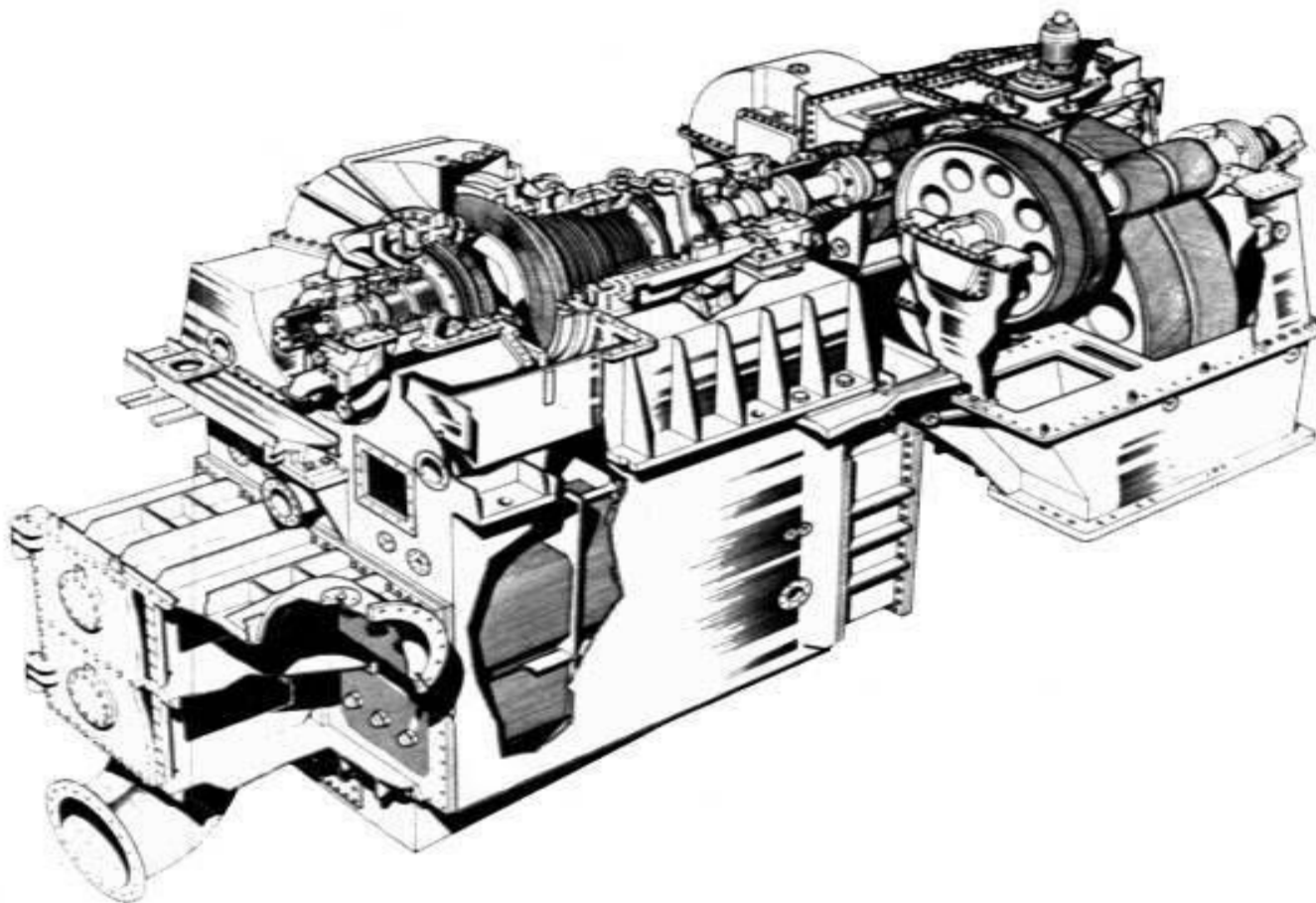
Многоступенчатая паротурбинная установка состояла из паровых котлов и трех турбин, напрямую соединенных с гребным валом. На каждом гребном вале находилось по три гребных винта (система тандем). Общая мощность турбин составляла 2000 л. с. при 200 оборотов в минуту. В 1896 году во время ходовых испытаний судно «Turbinia» развило скорость 34,5 узла.

Военные моряки по достоинству оценили появление новой силовой установки. Турбину начали устанавливать на линкоры и броненосцы, а со временем стал главным двигателем почти всех пассажирских судов.

В середине XX века началась конкурентная борьба между паротурбинными и дизельными силовыми установками за применение их на больших судах для транспортировки объемных грузов, в том числе и танкерах. Первоначально на судах дедвейтом до 40000 тонн преобладали паротурбинные силовые установки, но стремительное развитие двигателей внутреннего сгорания привело к тому, что некоторые корабли и суда водоизмещением более 100000 тонн и в настоящее время оборудуются дизельными силовыми установками.

Паротурбинные установки сохранились даже на крупных боевых кораблях, а также на быстроходных и больших контейнеровозах, когда мощность главного двигателя составляет 40000 л. с. и более.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ СУДОВОЙ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ



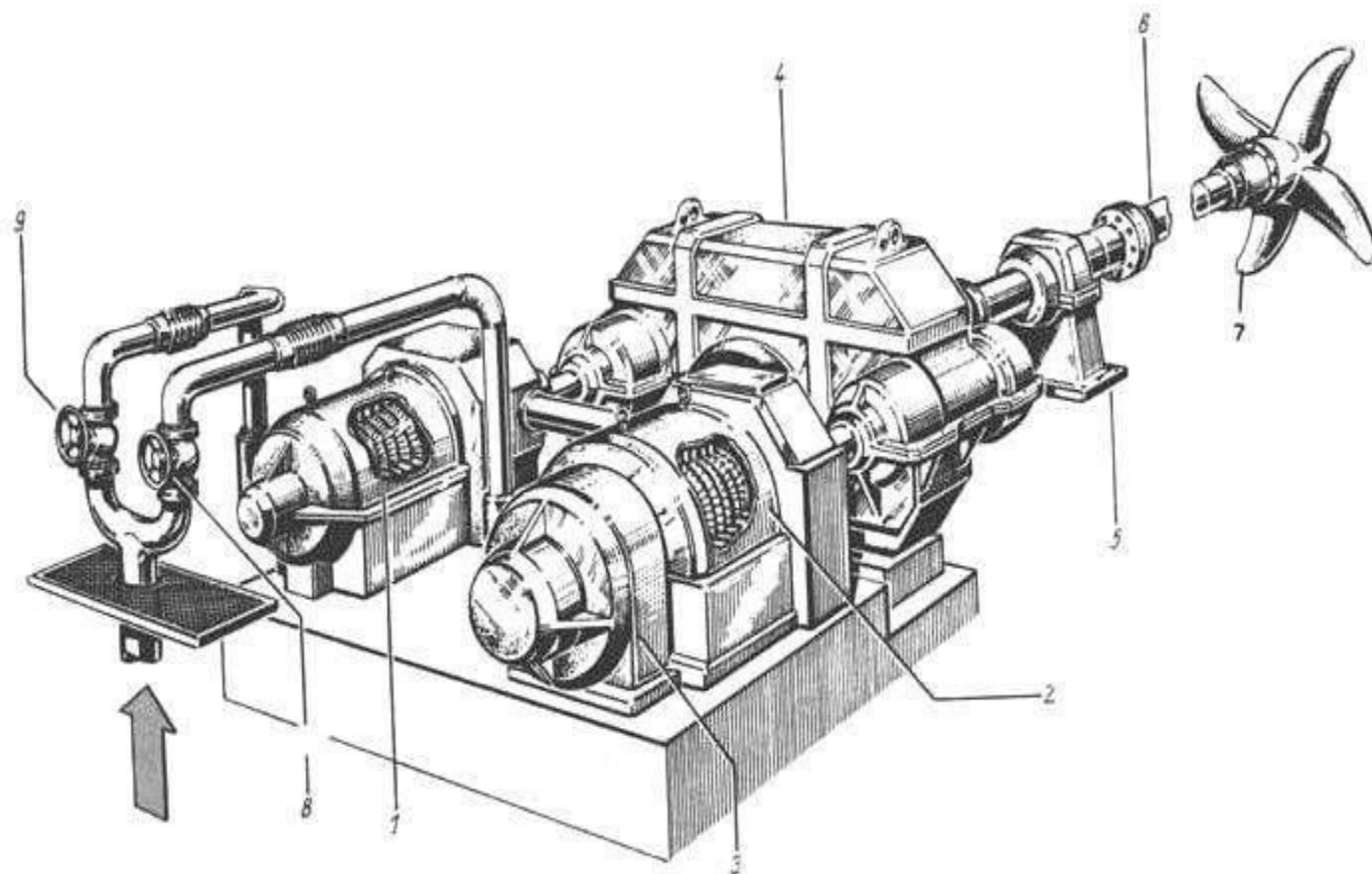
Паровая турбина относится к силовым установкам, в которых тепловая энергия подведенного пара изначально превращается в кинетическую, а только после этого используется для работы.

Паровые турбины являются гидравлическими тепловыми двигателями, у которых в отличие от поршневых паровых машин и поршневых двигателей внутреннего сгорания не требуется преобразовывать возвратно-поступательное движение поршня во вращательное движение гребного винта. За счет этого упрощается конструкция, и решаются многие технические проблемы. Кроме того, паровые турбины даже при очень большой мощности имеют сравнительно небольшие размеры, так как частота вращения ротора довольно высока и в зависимости от типа и назначения турбины составляет от 3000 до 8000 оборотов в минуту.

Использование кинетической энергии для совершения механической работы происходит следующим образом. Выходящий из расширительных устройств пар попадает на вогнутые профили лопаток, отклоняется от них, изменяет свое направление и за счет этого воздействует тангенциальной силой на ротор. В результате создается вращающий момент, который вызывает вращение ротора турбины.

Современные паровые турбины судовой силовой установки состоят обычно из двух корпусов. В одном корпусе находится ротор турбины высокого давления, а в другом - низкого. Каждая турбина состоит из нескольких ступеней, которые в зависимости от вида турбины обозначаются как ступени давления или ступени скорости. Рабочий пар последовательно проходит через неподвижные венцы расширительных устройств и венцы рабочих лопаток. Так как объем пара во время процесса расширения постоянно увеличивается, рабочие лопатки по мере падения давления должны быть длиннее.

В корпусе турбины низкого давления находятся особые венцы рабочих лопаток турбины заднего хода. Турбины главной энергетической установки на судах, гребные винты которых имеют изменяющийся шаг, не нуждаются в турбинах заднего хода. Наряду с турбинами главной энергетической установки в машинных отделениях судов устанавливают вспомогательные турбины, которые служат для привода генераторов, насосов, вентиляторов и т. д. Принцип действия ступени паровой турбины показан на рисунке.



Судовая паровая турбина.

1 — турбина высокого давления; 2 — турбина низкого давления; 3 — подшипник вала турбины; 4 — редуктор; 5 — подшипник вала с фундаментом; 6 — подшипник вала турбины; 7 — гребной винт; 8 — управляющий клапан переднего хода; 9 — управляющий клапан заднего хода.

Рисунок 4

ТУРБОЭЛЕКТРОХОДЫ

Силовой установкой, состоящей из парового котла, турбины, генератора и электромотора, были оснащены турбоэлектроходы. Широкое применение они нашли в США. Со временем тяжелые электрогенераторы и электродвигатели постепенно были вытеснены редукторами.

Значительный интерес вызвала постройка турбоэлектрохода «Канберра». Весовые показатели не остановили конструкторов. Было подсчитано, что при мощностях от 75000 до 100000 л. с. потери энергии при применении переменного тока соизмерим с потерями в редукторе и гидравлической передаче, а отказ от ступеней заднего хода даже увеличил экономические показатели силовой установки. Как правило, турбоэлектроходами считаются только крупные суда, чаще - пассажирские.

При меньших мощностях более целесообразно применять редукторные передачи, потери в которых составляют лишь 1,5 - 4 процента.



<http://korabli.ucoz.ru/>

ТЕПЛОХОДЫ

История теплохода насчитывает шесть десятилетий, но суда с двигателями внутреннего сгорания уже прочно занимают ведущее место в мировом судостроении. Это объясняется, прежде всего, высокой экономичностью и возможностью постройки двигателей различных мощностей от 100 до 30000 л. с.

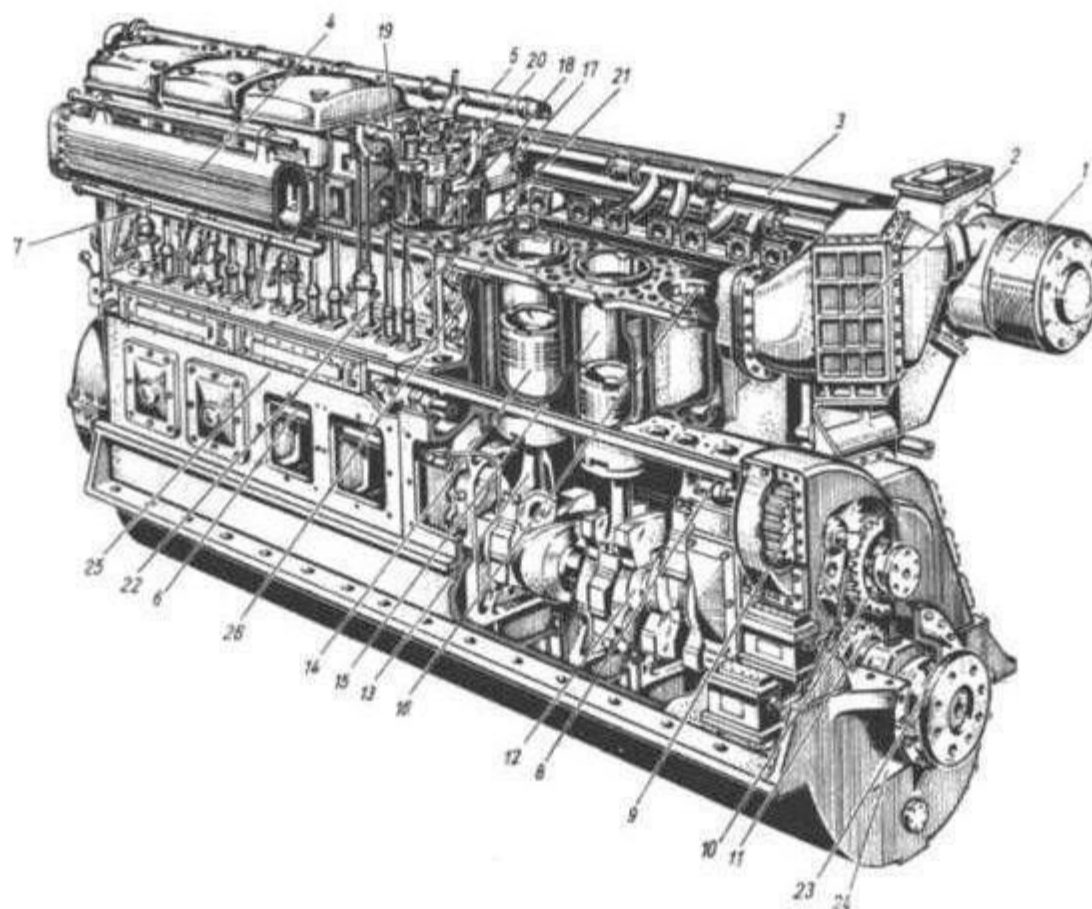
Родиной теплохода является Россия. В 1896 году свой двигатель внутреннего сгорания запатентовал немецкий инженер Рудольф Дизель, а в 1904 году по предложению русского ученого-кораблестроителя К. П. Боклевского двигатель внутреннего сгорания Дизеля, был установлен на судне «Вандал», построенном в 1903 году. Первый теплоход «Вандал» был одновременно и дизель-электроходом. Электрическую передачу использовали для устранения трудностей реверсирования, так как первые судовые дизельные силовые установки имели вращение в одну сторону и их нельзя было переключить с переднего хода на задний. В 1907 году русский инженер Р. А. Корейво изобрел пневматическую муфту, которая облегчила реверсирование двигателя. Впоследствии муфта получила распространение во всем мире. Дизельные силовые установки сразу заняли ведущие позиции в судостроении. Уже в 1914 году их мощности достигли 2500 л. с.

В 60-х годах одновременно с появлением винтов регулируемого шага в качестве главного двигателя стали применять не реверсивные дизельные силовые установки изначально на небольших судах , траулерах и буксирах, а затем и на больших коммерческих кораблях. За счет этого конструкция двигателей совершенствовалась и упрощалась.

ДИЗЕЛЬНАЯ СИЛОВАЯ УСТАНОВКА ИЛИ ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Дизельная силовая установка состоит из одного или нескольких основных двигателей, а также из обслуживающих их механизмов. В зависимости от способа осуществления рабочего цикла двигатели внутреннего сгорания разделяют на четырехтактные и двухтактные. Дополнительное увеличение мощности достигается с помощью наддува. Существует другой принцип деления двигателей внутреннего сгорания (ДВС) - по частоте вращения. Малооборотные дизели с частотой вращения 100-150 оборотов в минуту непосредственно приводят в движение судовой движитель. Среднеоборотными называют ДВС с частотой вращения 300-600 оборотов в минуту. Они приводят в движение судовой движитель через редуктор.

Кроме главного двигателя предусмотрены еще два вспомогательных, которые приводят во вращение генераторы. Для обслуживания главного и вспомогательных двигателей используются вспомогательные механизмы и системы, а также система трубопроводов и клапанов. Топливная система предназначена для подачи топлива из цистерн к двигателю. При этом для уменьшения вязкости топливо подогревается и очищается в сепараторах и фильтрах от различных примесей. Система смазки служит для прокачивания смазочного масла через двигатель с целью уменьшения трения между трущимися поверхностями, а также для отвода части полученного от двигателя тепла и очистки масла. Система охлаждения предусмотрена для отвода от двигателя тепла, которое проникает в основном через стенки цилиндра и возникает во время сжигания топлива, а также для охлаждения циркулирующего смазочного масла. Эта система состоит из насосов для пресной и морской воды, охладителей воды и масла.



Четырехтактный дизель (рядный двигатель).

1 — наддувочный агрегат; 2 — охладитель наддувочного воздуха; 3 — трубопровод отработавших газов; 4 — трубопровод наддувочного воздуха; 5 — трубопровод охлаждающей воды; 6 — масляный трубопровод; 7 — топливный трубопровод; 8 — распределительный вал; 9 — приводное колесо; 10 — промежуточные шестерни; 11 — приводное колесо коленчатого вала; 12 — коленчатый вал; 13 — шатун; 14 — поршень; 15 — цилиндрическая гильза; 16 — камера охлаждающей воды; 17 — крышка цилиндра; 18 — выпускной клапан; 19 — впускной клапан; 20 — топливный клапан; 21 — штанга; 22 — топливный насос; 23 — маслоразбрызгивающее кольцо; 24 — масляная ванна картера; 25 — станина двигателя; 26 — блок цилиндров.

Рисунок 5

Принцип действия четырехтактного двигателя внутреннего сгорания показан на рисунке 5. В четырехтактном двигателе рабочий цикл осуществляется за два поворота коленчатого вала, т. е. за четыре хода поршня. Механическая работа совершается только за время одного такта, три остальных служат для подготовки. При первом такте поршень движется в направлении коленчатого вала. Под воздействием возникающего при этом разрежения воздух через открытый всасывающий клапан устремляется в цилиндр. В дизельной силовой установке без наддува давление всасываемого воздуха равно атмосферному, в дизельной силовой установке с наддувом к цилиндру подводится уже предварительно сжатый воздух. Во время второго такта при закрытых всасывающих клапанах предварительно поступивший воздух перед поршнем подвергается сжатию, за счет чего повышаются температура и давление. Топливоподкачивающий насос, привод которого согласован с движением соответствующего поршня, повышает давление топлива. При достижении необходимого давления топливо через форсунку впрыскивается в цилиндр.

Топливо впрыскивается незадолго до того момента, когда поршень достигнет верхнего положения. Впрыснутое и тщательно распыленное топливо в сжатом воздухе нагревается, испаряется и вместе с воздухом образует горячую самовоспламеняющуюся смесь. Третий такт является рабочим. Во время процесса сгорания топлива образуются горячие газы, которые вызывают увеличение давления над поршнем. Под давлением силы, возникающей за счет давления газов, поршень движется вниз, газы расширяются и производят при этом механическую работу. Во время четвертого такта открывается выпускной клапан, и отработавшие газы выходят наружу. Четырехтактные судовые дизельные установки изготавливаются как многоцилиндровые двигатели. Они устроены так, что рабочие такты равномерно распределяются по отдельным цилиндрам.

Под наддувом дизельного двигателя понимают подачу к цилиндрам большего количества воздуха, который требуется для заполнения всего цилиндра при такте всасывания. Цель наддува заключается в том, чтобы способствовать сжиганию наибольшего количества топлива за один рабочий цикл. Это означает повышение мощности двигателя без увеличения его размеров, а также частоты вращения. Наддув можно осуществлять за счет предварительного сжатия воздуха перед цилиндром. Во всех выпускаемых четырехтактных судовых дизельных силовых установках предварительное сжатие воздуха происходит с помощью центробежного компрессора, который приводится в действие газовой турбиной, работающей на отработавших газах дизеля.

Четырехтактные дизели применяют на судах либо в составе дизель-генераторных установок, либо в качестве главного двигателя в многовальных силовых установках (по одному ДВС на один движитель) и, соответственно, в многодвигательных установках для одного движителя. Применение среднеоборотных дизельных силовых установок в качестве главного двигателя имеет следующие преимущества:

- повышение надежности (при выходе из строя одного двигателя остальные продолжают работать);
- уменьшение габаритов и собственной массы деталей (клапанов, поршней, кривошипных механизмов, подшипников и т. д.);
- снижение удельной массы, которая в зависимости от мощности составляет от 14 до 35 кг/кВт (для мощностей около 2200 кВт).

Современные дизельные силовые установки отличаются высокой экономичностью и надежностью, они не требуют капитального ремонта до 50000 часов.

ДИЗЕЛЬ-ЭЛЕКТРОХОДЫ

Первым дизель-электроходом был, как уже упоминалось выше, русский теплоход «Вандал», но дизель-электроходы не получили большого распространения. Потери при двойном превращении энергии (механической в электрическую, а затем электрической вновь в механическую) довольно велики и составляют 15 процентов. Но вместе с тем для некоторых типов судов электродвигатель является единственно приемлемым. Это суда с частой сменой режимов нагрузки гребной установки, корабли, требующие повышенных маневровых качеств, длительное время работающие с пониженной мощностью. Таковыми судами являются ледоколы, буксиры, паромы, китобойные суда, драгеры и некоторые другие.

ГАЗОТУРБОХОДЫ

Характерные черты газотурбинной установки - небольшой вес и малые габариты, простота обслуживания и безотказность в работе. Газотурбинные установки состоят из генератора газа и турбины.

Применить газовые турбины на судах впервые предложил русский офицер Назаров. В 1892 году Кузьминский создал газотурбинную установку. В СССР в 1961 году был построен газотурбоход «Павлин Виноградов». Его силовая установка состояла из четырех свободно-поршневых генераторов газа, вырабатывающих рабочий газ для турбины мощностью 3800 л. с., водоизмещение судна составляло 9080 тонн, скорость хода - 15,6 узла.

В современных газовых турбинах максимальный коэффициент полезного действия составляет около 29 процентов.

АТОМОХОДЫ

Успехи современной науки в использовании атомной энергии позволили применить на флоте новый вид топлива - ядерное. В 1956 году в СССР был спущен на воду первый атомоход «Ленин». Выбор ледокола для установки на нем ядерного реактора был не случаен. Лучшие суда этого типа могут брать топлива не более чем на 40 суток плавания, ядерное горючее позволяет атомоходу трудиться во льдах Арктики без пополнения запасов топлива более года.

На сегодняшний день построено большое количество атомоходов - это и ледоколы, авианосцы и даже подводные лодки. Мощность силовой установки их колеблется от 22000 до 60000 л. с.

Но первыми, и пожалуй, единственными коммерческими судами с ядерной энергетической установкой стали грузопассажирские суда «Savannah» построенное в 1964 году, «Otto Hahn» - 1968 году, «Mutsu Japan» - 1970 году и лихтеровоз «Севморпуть» - 1988 году.



«Savannah» - грузопассажирский атомоход, построенный на верфи «New York Shipbuilding», США. Стоимость судна составила 46,9 миллионов долларов, из них 28,3 миллиона составила стоимость реактора. Строительство финансировало правительство США, как проект для демонстрации возможностей ядерной энергетики. Судно было спущено на воду 21 июля 1959 года и служило с 1962 по 1972 годы.

Технические характеристики грузопассажирского судна «Savannah»:

Длина - 181,6 м;

Ширина - 23,7 м;

Водоизмещение - 13599 тонн;

Силовая установка - 1 атомный реактор;

Мощность - 20300 л.с.;

Скорость - 24 узла;

Автономность плавания - 300000 миль;

Экипаж 124 человека;

Количество пассажиров - 60 человек;

Грузовместимость - 8500 тонн;



Проектирование торгового и исследовательского судна для выяснения целесообразности использования атомной энергии в гражданском флоте началось и в Германии. Судно «Otto Hahn» было заложено в 1963 году компанией «Howaldtswerke-Deutsche Werft» в городе Киль. Спуск на воду состоялся в 1964 году. Судно было названо в честь Отто Гана, выдающегося немецкого радиохимика, нобелевского лауреата, открывшего ядерную измерию и расщепление урана. В 1968 году был запущен атомный реактор судна и начались ходовые испытания. В октябре того же года «Otto Hahn» было сертифицировано как коммерческое судно.

Технические характеристики грузопассажирские суда «Otto Hahn»:

Длина - 172,0 м;

Ширина - 23,4 м;

Водоизмещение - 25790 тонн;

Силовая установка - 1 атомный реактор, мощностью 38 МВт;

Скорость - 29 узлов;

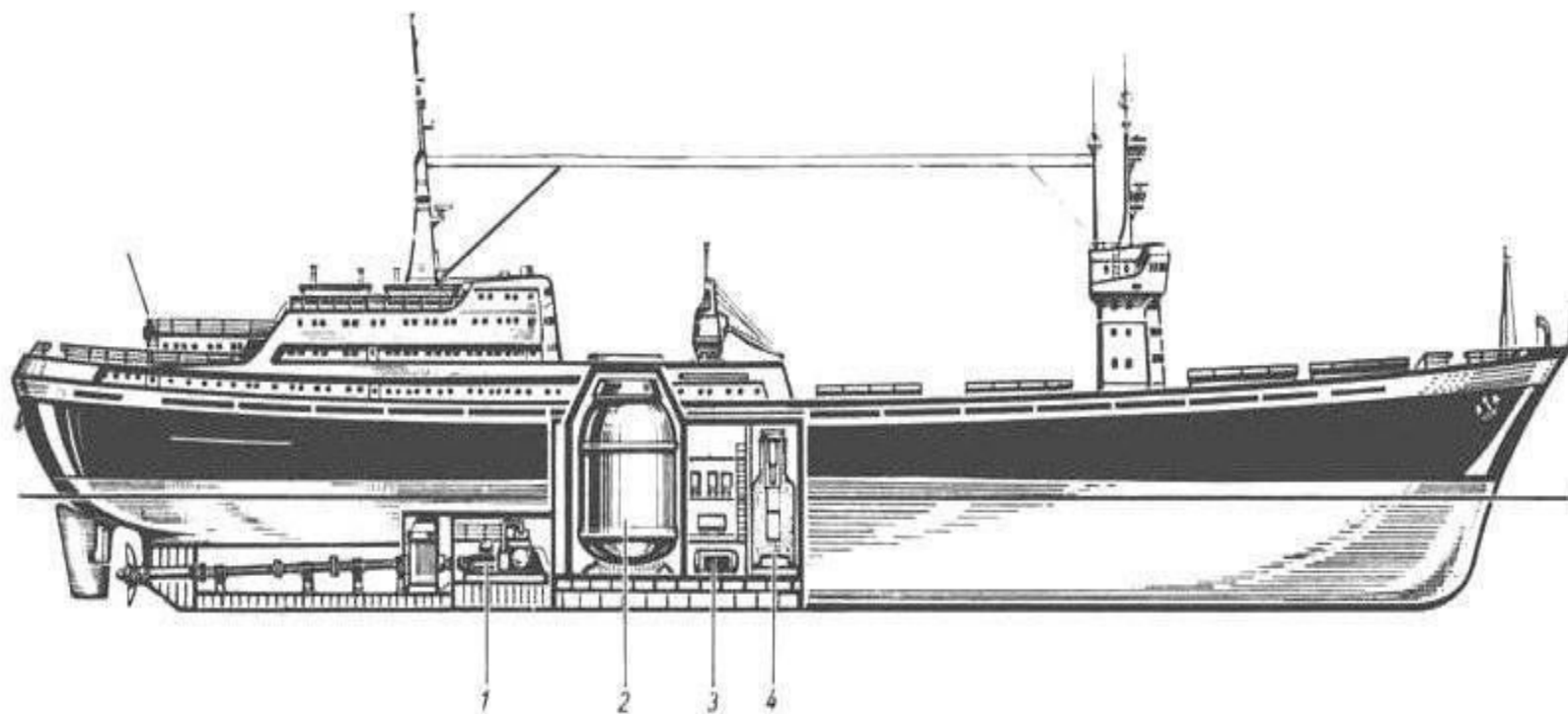
Автономность плавания - 300000 миль;

Экипаж - 63 человека;

Количество пассажиров - 35 человек;

Грузовместимость - 14040 тонн;

К неоспоримым преимуществам относятся очень низкий расход топлива и практически неограниченная дальность плавания. Например, судно «Otto Hahn» за три года не израсходовало даже 20 кг урана, в то время как расход топлива обычной паротурбинной энергетической установкой на судне таких размеров составил 40000 тонн. Несмотря на эти преимущества, атомные энергетические установки широко применяются только на боевых кораблях. Особенно выгодно их использовать на крупных подводных лодках, которые долгое время могут находиться под водой, так как для получения тепловой энергии в реакторе воздуха не требуется.



Атомная энергетическая установка на морском судне.

1 — машинное отделение; 2 — контейнер с реактором; 3 — отсек вспомогательных механизмов; 4 — хранилище отработавших ТВЭЛ.

Рисунок 10



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !