

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СУДОВЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВКАХ

Схемы газотурбинных установок

Краткие сведения. В настоящее время в Советском Союзе и за рубежом ведутся большие работы по созданию главных и вспомогательных судовых газовых турбин. Большое внимание, уделяемое газовым турбинам, объясняется рядом их преимуществ по сравнению с другими судовыми двигателями.

К преимуществам ГТУ по сравнению с дизельными относятся осуществление непрерывного и постоянного рабочего процесса, благодаря чему применяются высокие скорости рабочей среды и рабочих органов для повышения экономичности; отсутствие поршней и кривошипно-шатунного механизма, а также трения в рабочих частях (за исключением трения в подшипниках вала ротора); простота устройства и обслуживания; возможность получения большой мощности на валу (до 30 000 кВт); меньшие размеры и масса при одинаковой мощности; возможность сжигания в камерах сгорания более дешевых тяжелых сортов топлива; меньший расход на смазочные материалы (приблизительно в 30—40 раз) и ремонт; удобство автоматизации и дистанционного управления; относительно небольшой обслуживающий персонал в связи с сокращением трудоемкости технического обслуживания.

По сравнению с паротурбинными установками ГТУ имеют следующие преимущества: отсутствие паровых котлов и сложного котельного оборудования (системы, насосы, вентиляторы); отсутствие конденсаторов и связанных с ними систем; лучшие маневренные и пусковые качества; меньшие размеры и масса при одинаковой мощности; низкое давление рабочей среды в цикле, а следовательно, большая безопасность при 228 случайном повреждении трубопровода; высокая маневренность, быстрый пуск и малое время набора полной мощности (пуск и выход на частоту вращения холостого хода в течение 1 мин; время набора полной мощности 2—3 мин).

При применении ГТУ значительно увеличиваются грузоподъемность и дальность плавания судна. При серийном производстве стоимость изготовления ГТУ, амортизационные отчисления и эксплуатационные расходы значительно меньше, чем соответствующие показатели паротурбинных и дизельных установок.

Перспективность ГТУ как судового двигателя в значительной степени определяется возможностью достигнуть высокой экономичности при дальнейшем совершенствовании проточной части турбин и компрессоров, особенно в связи с созданием жаростойких материалов, в том числе керамики. При температуре 900—950 °С экономичность ГТУ будет выше, чем большинства построенных ПТУ, а при температуре 1200°С может превосходить экономичность ДВС.

Газотурбинные установки большой мощности перспективны как главные двигатели для ряда судов новых типов, характерными особенностями которых являются большая мощность энергетических установок при ограничениях по высоте и длине машинных отделений. В настоящее время рядом фирм

¹В настоящее время из-за отсутствия достаточно дешевых жаропрочных материалов экономичность ГТУ уступает экономичности современных ПТУ и ДВС, что сдерживает их широкое внедрение в качестве главных судовых энергетических установок.

построены и успешно эксплуатируются газотурбоприводы для ряда потребителей, но основное внимание уделяется разработке газотурбогенераторов.

Схемы и циклы ГТУ. Газотурбинные установки могут действовать по открытому или замкнутому циклу. В первом случае рабочей средой является газ — продукт сгорания топлива, который после совершения работы безвозвратно уходит в атмосферу. Во втором случае продукт сгорания топлива (как и в цикле паровой турбины) служит только для нагревания рабочей среды путем теплообмена, причем рабочей средой может быть воздух или какой-либо газ, непрерывно циркулирующий в системе.

Газотурбинная установка состоит из следующих основных элементов: компрессора, нагнетающего сжатый воздух в камеру сгорания или в случае закрытого цикла — рабочую среду в турбину; камеры сгорания для сжигания топлива и ввода теплоты в рабочую среду; турбины.

В открытом цикле компрессор должен нагнетать воздух в камеру сгорания под относительно высоким давлением, так как в открытом цикле продукт сгорания является рабочей средой, поступающей в турбину. В закрытом цикле продукт сгорания топлива является только нагревателем рабочей среды. Поэтому высокое давление в ней не обязательно.

В настоящее время на судах в качестве главных двигателей применяют ГТУ, работающие по открытому циклу, у которых сгорание топлива осуществляется при постоянном давлении (рис. 18.1). Через патрубок 6 в компрессор 7 засасывается воздух, там он сжимается до определенного давления (примерно до 0,4 МПа). Сжатый воздух из компрессора подается непрерывным потоком в камеру сгорания 2, куда через форсунку / поступает топливо. В камере при постоянном давлении топливо сгорает. Выделяющиеся при сгорании газы высокой температуры охлаждаются путем смешения с воздухом и направляются в газовую турбину 4. Здесь приобретенная при расширении газа (смеси продуктов сгорания и воздуха) кинетическая энергия преобразуется на лопатках в механическую энергию. Патрубок 5 служит для выпуска отработавших газов в атмосферу.

Турбина в этой схеме вращает одновременно гребной винт 9 через редуктор 8 и компрессор 7. Отношение давлений на входе и выходе турбины и компрессора одинаково, но турбина выполняет большую работу, чем компрессор. Это происходит потому, что температура газов в турбине выше температуры воздуха в компрессоре. Пуск установки осуществляется пусковым двигателем 3, который сообщает компрессору необходимую минимальную частоту вращения, после чего в камеру сгорания подается топливо, и установка начинает работать.

Термический КПД ГТУ, работающий по этой схеме, относительно низкий. Добиться его повышения можно несколькими способами, например, регенерацией теплоты, т. е. возвратом теплоты в цикл ступенчатым сжатием.

Схема ГТУ с регенерацией теплоты показана на рис. 18.2. Отработавший газ из турбины 4 поступает в регенератор-подогреватель 2, где он проходит между трубками и подогревает воздух, поступающий из компрессора 3 в камеру сгорания 1.

Термический КПД ГТУ при регенерации тем выше, чем более нагрет воздух. Степень регенерации — отношение действительного нагрева воздуха к теоретически возможному, при котором температура воздуха достигает

температуры газов на выпуске из турбины. В ГТУ с открытым циклом степень регенерации достигает обычно 75—85%, а в установках с замкнутым циклом — 90%. Регенерация наиболее эффективна, если дополнительно осуществляется ступенчатое сжатие воздуха в компрессорах, между которыми установлены промежуточные воздухоохладители.

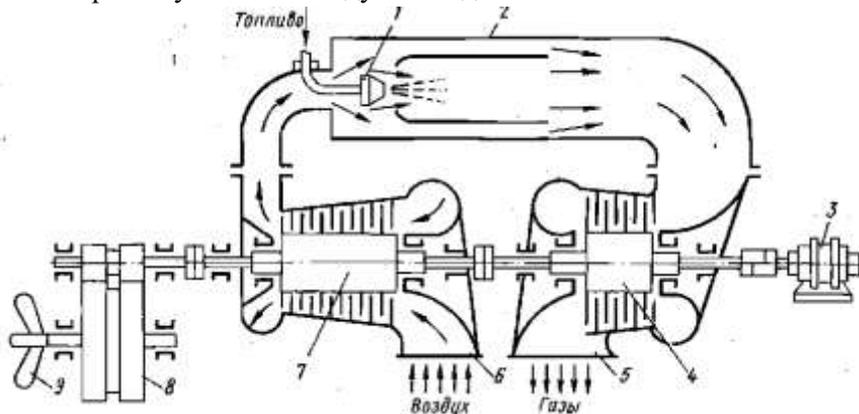


Рис. 18.1. Схема газотурбинной установки простейшего

В судовых, газотурбинных установках обычно применяют не более двух промежуточных воздухоохладителей. Увеличение их числа усложняет установку, не принося существенных выгод.

В газотурбинных установках, работающих по замкнутому циклу, имеется воздухоподогреватель, в котором нагревают воздух или другой газ, служащий рабочим телом для газовой турбины. В этом случае одна и та же порция рабочего воздуха (циркуляционного воздуха) проходит через турбину и воздухоподогреватель, в результате чего получается замкнутый цикл рабочего тела.

Схема ГТУ замкнутого цикла показана на рис. 18.3. Циркулирующий по замкнутому контуру воздух при давлении, например 0,1 МПа, поступает в компрессор 1, сжимается до давления 0,5 МПа и подается в регенератор 4, где подогревается воздухом, отработавшим в турбине 2. Из регенератора воздух направляется в нагреватель 3, где посредством теплоты, выделяемой топливом при его сгорании, нагревается до начальной температуры перед турбиной. Нагретый и сжатый воздух входит в газовую турбину 2, где, расширяясь,

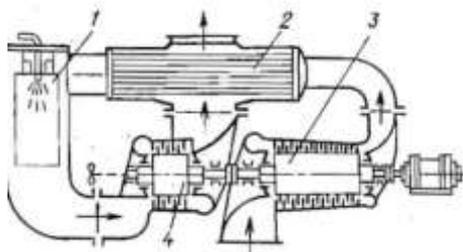


Рис. 18.2. Схема газотурбинной установки с регенерацией теплоты

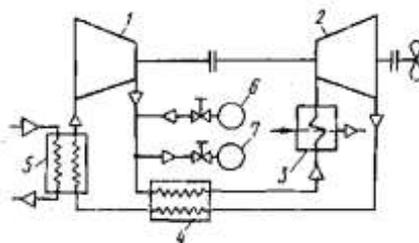


Рис. 18.3. Схема ГТУ замкнутого

расходует свою внутреннюю энергию на получение механической работы, используемой для привода компрессора и гребного винта. Из турбины воздух выходит со сравнительно высокой температурой, и поэтому он направляется в

регенератор 4, где отдает часть своей теплоты для подогрева воздуха, поступающего в подогреватель. Затем воздух дополнительно охлаждается заборной водой в воздухоохладителе 5 и при давлении 0,1 МПа снова подается в компрессор. При охлаждении воздух уменьшается в объеме, благодаря чему уменьшаются габаритные размеры и вес компрессора и воздухопровода.

Нагрузка ГТУ регулируется добавлением в систему сжатого воздуха из баллона 6 или удалением части воздуха в баллон 7. При этом массовый расход воздуха, а следовательно, и мощность установки изменяются пропорционально давлению воздуха в замкнутом цикле.

Установки с замкнутым циклом по сравнению с установками с открытым циклом менее экономичны, так как имеют ряд дополнительных потерь в теплообменниках, поэтому в качестве главных двигателей они не применяются. Однако установки с замкнутым циклом применяются в качестве автономных газотурбоприводов электрогенераторов. В газотурбинных установках с замкнутым циклом имеется возможность использования теплоты атомного распада.

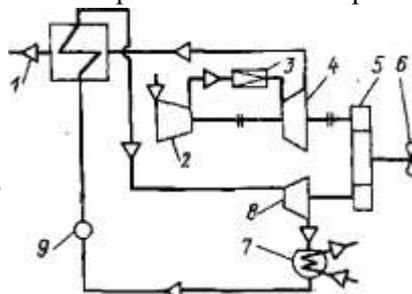


Рис. 18.4. Схема газопаротурбинной установки

В газотурбинных установках с замкнутым циклом имеется возможность использования теплоты атомного распада.

Газопаротурбинные установки. Экономичность ГТУ можно заметно повысить, если отработавшие газы с высокой температурой направить в котел, а получаемый в нем пар использовать для бытовых, технологических нужд (например, для обогрева танков на танкерах), выработки электроэнергии в утилизационном турбогенераторе или для получения дополнительной мощности, передаваемой паровой турбиной гребному винту. В первых трех случаях степень утилизации теплоты отходящих газов ограничивается потребностями в электроэнергии или паре.

При использовании дополнительной утилизации паровой турбиной степень утилизации теплоты может быть существенно увеличена, поскольку дополнительная мощность, получаемая в паровой части установки, не имеет ограничений с точки зрения ее использования. Такая установка (рис. 18.4) получила название газопаротурбинной (ГПТУ).

Воздух засасывается из атмосферы и сжимается компрессором 2. Сжатый воздух подается в камеру сгорания 3, откуда рабочие газы направляются в газовую турбину 4. После расширения в турбине уходящие газы, имеющие еще высокую температуру (400—600 °С), поступают в котел 1, где их теплота используется для получения пара. Из котла пар направляется в паровую турбину 8, затем проходит через конденсатор 7. Далее насос 9 перекачивает образовавшийся конденсат в котел; конденсат служит питательной водой. Вращающий момент паровой турбины и ГТУ через редуктор 5 передается гребному винту 6. На практике могут применяться различные более или менее усложненные модификации приведенной схемы.

Утилизация теплоты уходящих газов в котле обеспечивает газотурбинной установке значительно больший выигрыш, чем в дизель-энергетической. Это объясняется тем, что температура уходящих газов в ГТУ выше, а удельный расход газов в несколько раз больше, чем в дизелях. Согласно исследованиям

благодаря утилизации теплоты отходящих газов увеличивается мощность ГТУ примерно на 25% и снижается удельный расход топлива на 20%.

В газопаровой установке с высоконапорным паровым котлом (рис. 18.5) сжатый в компрессоре 1 воздух подается в топку высоконапорного котла 2, который работает под высоким давлением. Образовавшиеся в топке при сжигании топлива газы вначале омывают поверхности нагрева котла, вырабатывая пар, а затем, охладившись до температуры, допустимой для лопаточного аппарата, поступают в турбину 3, расши-

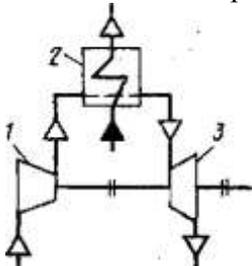


Рис. 18.5. Схема газопаровой установки с высоконапорным котлом

ряются до атмосферного давления. Мощность турбины расходуется на привод компрессора и гребного винта. Пар, получаемый в котле, используется в паровой турбине или на другие нужды.

В котле газопаровой установки используются газы с высокими давлением и температурой, поэтому котел этой установки в несколько раз меньше обычного котла той же паропроизводительности. Это обстоятельство имеет большое значение для судовых энергетических установок.

Главные газотурбинные установки ,

Судовые газотурбинные двигатели авиационного типа. В настоящее время ведутся большие работы по установке на морских судах газотурбинных двигателей авиационного (корабельного) типа. Эти двигатели по сравнению с ГТУ индустриального типа, схемы которых показаны на рис. 18.1 и 18.2, имеют меньшие размеры и массу и могут быть установлены на наиболее рентабельных современных судах с горизонтальным способом грузообработки. Монтаж и замена такого двигателя могут быть осуществлены на судне за 40—50 ч без применения заводского оборудования. Недостатком ГТД авиационного типа является их относительно малый моторесурс.

Схема авиационного ГТД показана на рис. 18.6. Одноступенчатая ТВД 6 вращает семиступенчатый компрессор 3, который через входное устройство 2 засасывает воздух, сжимает его до 0,3—0,6 МПа и подает в камеру сгорания 4. Газ из камеры сгорания поступает в ТВД и затем в ТНД 7, которая вращает винт /. На рис. 18.6. также показаны подшипник 5 и выходное устройство 8.

Пуск ГТУ выполняется лопатным воздушным двигателем, навешенным на турбокомпрессор. Сжатый воздух может поступать из баллона. Время пуска установки из холодного состояния до холостого хода составляет 20—30 с, полное время пуска из холодного состояния до выхода на режим полной мощности 1—2 мин.

Для охлаждения диска ТВД и подшипников, распыливания смазочного масла, нагнетания дистиллированной воды из расходной цистерны к разбрызгивающим кольцам в компрессоре (для промывки компрессора) воздух отбирается из разных ступеней компрессора.

Газотурбинные установки с тепло-утилизирующим контуром ГТУ М-25. Судовые газотурбинные установки с теплоутилизирующим контуром (ТУК) ГТУ М-25 мощностью 25 000 кВт эксплуатируются на судах типа «Капитан Смирнов».

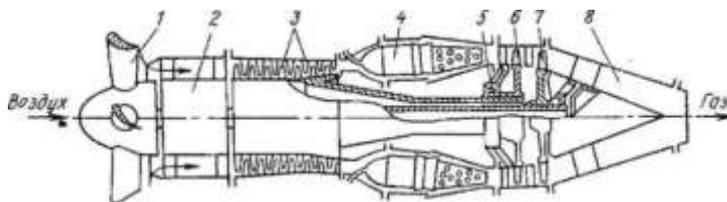


Рис. 18.6. Схема авиационного

Головной газотурбоход «Капитан Смирнов» — ролкер водоизмещением 35 000 т. Он предназначен для перевозки пакетированных грузов и контейнеров, имеет две ГТУ суммарной мощностью 36 800 кВт. Скорость судна 27 уз. На газотурбоходе высок уровень автоматизации. В машинном отделении нет постоянной вахты. Контролирует работу оборудования с ЦПУ энергетической установкой один механик. Главным двигателем управляет с мостика вахтенный штурман. Оттуда же осуществляет управление мощными подруливающими устройствами, расположенными в носу и корме. Благодаря им при швартовых операциях можно обходиться без помощи портовых буксиров.

Установка ГТУ М-25 состоит из газотурбинного двигателя, редуктора и теплоутилизирующего контура, который в свою очередь включает в себя паровой котел с сепаратором пара и арматурой дистанционного управления, паровую турбину с конденсатором и вспомогательное оборудование.

Технические характеристики газотурбинной установки ГТУ М-25

Мощность установки на выходе фланца редуктора, кВт 18 400

Удельная подача топлива, г/(кВт·ч) 231
 масла, 0,20

Параметры пара перед ПТУ:

давление, МПа 0,11

температура, °С 309

Температура питательной воды, °С 40

Давление пара в конденсаторе, кПа 5,9

Тепловая схема ГТУ показана на рис. 18.7. Атмосферный воздух засасывается компрессором низкого давления (КНД) 6 и последовательно сжимается в КНД и компрессоре высокого давления (КВД) 5. Затем в камере сгорания 4 при постоянном давлении происходит сжигание топлива, и образовавшийся при этом газ расширяется последовательно в ТВД 3, ТНД 2 и турбине винта (ТВ) /. Отсюда газ поступает в утилизационный котел 7, где отдает тепло питательной воде. Пар из котла направляется в силовую паровую турбину 21, совместно с ТВ вращающую через упругие муфты редукторе 24 гребной винт. Вся мощность ТВД и ТНД полностью потребляется соответственно КВД и КНД.

Утилизационный котел, который расположен над газоотводом газотурбинного двигателя (ГТД), водотрубный с многократной принудительной циркуляцией, в сечении имеет прямоугольную форму. Котел состоит из экономайзера, испарителя и пароперегревателя, между которыми

расположены пазухи для размещения опорных балок крепления трубных пакетов, осмотра и ремонта поверхности горения. Котел включает в себя также сепаратор пара, служащий для отделения пара от пароводяной смеси, поступающей из испарителя котла.

Паровая турбина состоит из регулировочной ступени в виде двухвенечного колеса и семи ступеней давления. Ее сварнолитой корпус изготавливается вместе с корпусами (стульями) подшипников. На верхней крышке крепится паровпускной быстрозапорный клапан, а на выпускном патрубке — дроссельно-увлажнительная установка.

Ротор паровой турбины составной — с насадными дисками. Упорный гребень выполнен заодно с валом. Турбина имеет два опорных и один упорный подшипники. Опорные подшипники имеют стальные вкладыши, залитые баббитом. Упорный подшипник двусторонний с самоустанавливающимися упорными сегментами.

Конденсатор дзухпроточный, он одновременно является рамой, на которой располагаются турбина и вспомогательное оборудование. С помощью редуктора можно подключать и отключать паровую турбину при работающем и остановленном ГТД, проворачивать валопровод при неработающих ГТД и паровой турбине и стопорить валопровод.

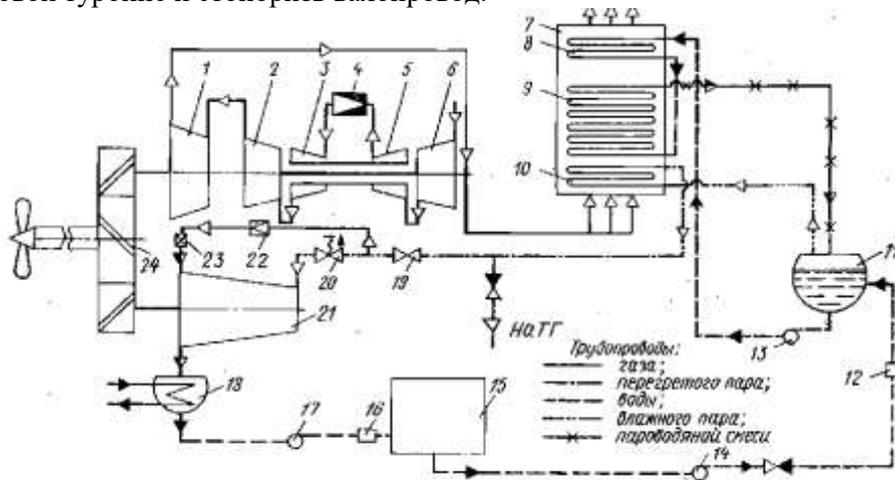


Рис. 18.7. Тепловая схема ГТУ с ТУК газотурбохода «Капитан Смирнов» (одного борта)

В правой части рис. 18.7 расположен теплоутилизирующий контур (ТУК) одного борта установки. Питательная вода из теплого ящика 15 электропитательным насосом 14 подается через двухимпульсный регулятор 12 питания в сепаратор 11 питания, из которого насос 13 многократной циркуляции направляет воду в экономайзер 8. Из него вода по опускным трубам поступает в испаритель 9. Затем пароводяная смесь направляется в сепаратор, из которого влажный пар поступает в пароперегреватель 10 и далее (уже перегретый пар) через главный стопорный клапан 19 к быстрозапорному клапану 20 паровой турбины. Схемой ТУК предусматривается отбор 6000 кг/ч перегретого пара из главного паропровода на турбогенератор мощностью 1000 кВт и отбор 2000 кг/ч насыщенного пара из сепаратора на общесудовые нужды.

Главный стопорный клапан открывается автоматически при давлении пара 0,4 МПа. При достижении давления в конденсаторе 5—6 кПа открывается быстрозапорный клапан в положении холостого хода, и паровая турбина начинает набирать частоту вращения. Как только ротор паровой турбины сравняется по частоте вращения с ротором турбины винта, происходят синхронизация и подключение паровой турбины к редуктору. Избыток пара при этом выпускается 234 через редукционное охлаждающее устройство 22 и дроссельно-увлажнительное устройство 23 в выпускной патрубок турбины к конденсатору 18. Оттуда электроконденсатный насос 17 возвращает конденсат в теплый ящик через регулятор уровня конденсата 16. После прогрева паровой турбины на режиме холостого хода в течение 12—15 мин БЗК открывается полностью, и паровая турбина начинает работать в режиме полной мощности.

Газотурбинная установка может устойчиво эксплуатироваться при работе с ТУК и без него. Включение ТУК происходит при подаче питательной воды в котел и может выполняться при любом режиме работы ГТД (горячий пуск) и при неработающем ГТД (холодный пуск). Пуск ТУК и управление им осуществляются с центрального поста управления. Отбор пара на турбогенератор выполняется вручную.

В установке предусмотрена возможность работы перекрестным способом. В этом случае работает газовая турбина с ТУК одного борта, а пар подается на паровую турбину другого борта. При этом газовая турбина этого борта не работает (снимают рессору от ТВ к редуктору). При такой работе подача топлива уменьшается почти в 2 раза (при скорости судна примерно 20 уз).

Ресурс всего агрегата составляет 100 000 ч (примерно 25 лет). В то же время ресурс ГТД до заводского ремонта составляет 25 000 ч. После заводского ремонта ресурс ГТД восстанавливается. Технический ресурс ГТД (до замены) равен 50 000 ч (приблизительно 12,5 года).

При наличии запасного ГТД на судне (или обменного фонда ГТД) его замена может быть проведена силами судового экипажа в течение двух суток, т. е. во время перегрузочных работ в порту. Любой из навешенных на ГТД агрегатов может быть заменен в течение 1—2 ч.

Газотурбинный двигатель (рис. 18.8) изготавливается в корабельном исполнении. Он состоит из осевых расположенных последовательно компрессоров — семиступенчатого КНД 1 и девятиступенчатого КВД 2, трубчато-кольцевой камеры сгорания 3, в корпусе которой находятся 10 жаровых труб 4 с форсунками. Далее последовательно расположены двухступенчатые ТВД 5 и ТНД 6 и четырехступенчатая ТВ 7. Корпуса компрессоров, камеры сгорания и турбины соединяются между собой последовательно вертикальными фланцами и образуют единый корпус.

Газотурбоприводы

Газотурбоприводы в агрегатах наддува ДВС — турбокомпрессоры. Одним из основных способов повышения мощности дизелей является применение наддува, с помощью которого увеличивается заряд воздуха в рабочих цилиндрах, что в свою очередь приводит к увеличению цикловой подачи топлива. Следовательно, при этом возрастает мощность, развиваемая отдельными цилиндрами и дизелем в целом.

Увеличение заряда воздуха наиболее рационально осуществить при газотурбинном наддуве, когда в цилиндры дизеля поступает воздух, сжатый в компрессоре, который приводится во вращение газовой турбиной, использующей энергию отработавших газов.

В некоторых мощных судовых дизелях расход воздуха достигает $6,6 \text{ кг}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$, а поэтому мощность на привод турбокомпрессоров составляет иногда

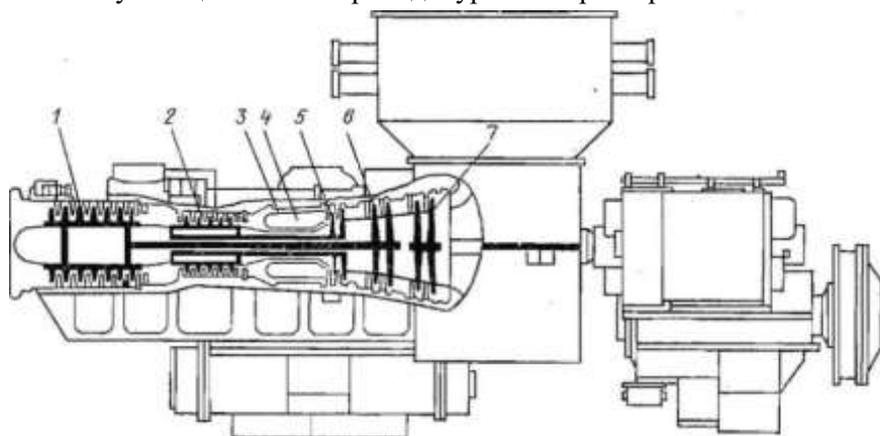


Рис. 18.8. Газотурбинная установка ГТУ М-25 со схематическим разрезом ГТД 50—60% мощности дизеля.

Турбокомпрессоры, снабжая дизель воздухом, являются его органической частью и их надежность и эффективность во многом определяют технико-экономические показатели всей дизельно-энергетической установки. В турбокомпрессорах применяются осевые и радиальные турбины.

Радиальные турбины устанавливаются в турбокомпрессорах дизелей малой мощности в основном до 450 кВт. Это объясняется тем, что при малом объеме расхода газа лопатки осевой турбины имеют малую высоту, а следовательно, относительно большой радиальный зазор, что приводит к большим непроизводительным протечкам газа, и, следовательно, к низкому КПД турбины. При больших мощностях КПД осевой турбины значительно выше, чем у радиальных.

В турбокомпрессорах судовых дизелей в основном применяются центробежные компрессоры, которые значительно меньше по габаритным размерам и массе, проще, надежнее и дешевле осевых. Осевые компрессоры имеют некоторые турбокомпрессоры мощных дизелей (фирма МАН). Их КПД несколько выше, чем у радиальных.

Обычно на судах предусматриваются турбокомпрессоры, состоящие из одноступенчатого центробежного компрессора и одноступенчатой турбины осевого типа.

На отечественных судах большое распространение получили турбокомпрессоры фирмы «Броун-Бовери». По конструкции семь типов компрессоров фирмы (имеющих обозначение VTR) практически одинаковы; различаются они в основном размерами, параметрами и числом газоприемных патрубков.

Турбокомпрессор (рис. 18.9) состоит из одноступенчатой осевой газовой турбины и центробежного компрессора. Ротор **6**, откованный заодно с диском турбины, вращается в двух подшипниках качения. Один из подшипников (со

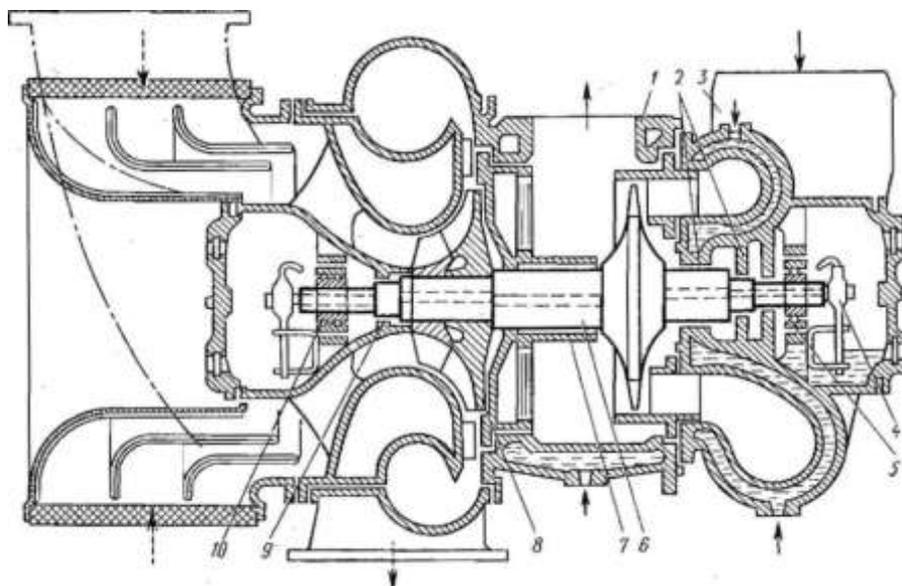


Рис. 18.9. Газотурбокомпрессор фирмы «Броун-Бовери»

стороны турбины) **5** роликовый опорный однорядный, второй подшипник **10** опорно-упорный шариковый двухрядный. Оба подшипника имеют наружные обоймы, предохраняющие от воздействия вибрации корпуса.

Смазывание подшипников осуществляется при помощи насаженных на ротор шестеренных насосов *j*. Масло заливается в картеры, расположенные на турбинном и компрессорном концах ротора. Из картера масло забирается насосом и подается к подшипникам.

Колесо **8** центробежного компрессора насажено на вал ротора на шпонке. На выходе из колеса компрессора установлен лопаточный диффузор. Утечке воздуха из компрессорной полости препятствуют лабиринтные уплотнения **7**, **9**. Входной **3** и выходной **4** патрубки турбины имеют полости, сообщающиеся с системой охлаждения.

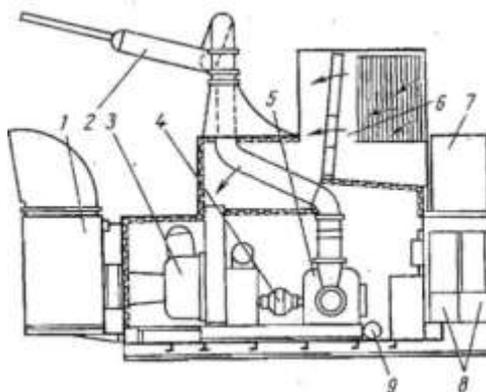


Рис. 18.10. Установка пожаротушения с автономным газотурбоприводом: **1** — глушитель; **2** — ствол для подачи воды, **3** — газотурбопривод; **4** — муфта; **5** — пожарный насос; **6** — воздухоподводящее устройство; **7** — топливная цистерна; **8** — пост управления и контроля; **9** — маслоохладитель

На турбинном конце ротора находятся уплотнения **2**, препятствующие утечке газа. Эти уплотнения разделены на две группы, между которыми расположена камера подвода уплотняющего воздуха. Эта камера соединена каналом с компрессорной полостью.

Автономные газотурбоприводы. В последние годы большой интерес проявляется к строительству маломощных ГТУ и их использованию в качестве

газотурбоприводов вспомогательных механизмов — электрогенераторов, насосов, компрессоров. Все большее применение этих ГТУ на судах определяется малыми габаритными размерами, а также надежностью и простотой в эксплуатации. Турбоприводы чаще всего выполняются одновальными, реже двухвальными с силовой ТНД. ГТУ мощностью менее 200—250 кВт обычно имеют центробежный компрессор и одноступенчатую осевую, радиальную или радиально-осевую турбину. При больших мощностях применяются осевой компрессор и осевая многоступенчатая турбина, обеспечивающие более высокий КПД. Связь газотурбопривода с потребителем обычно осуществляется через редуктор.

Эксплуатация газотурбоприводов обеспечивается системами: топливной, масляной, регулирования, управления и защиты. Топливная система предназначена для работы на тяжелых и легких сортах топлива. Масляный насос работает от газотурбопривода. Системы регулирования, управления и защиты обеспечивают работу газотурбопривода при различных нагрузках, поддерживают заданную частоту вращения и отключают подачу топлива в аварийных ситуациях. Запуск автономных газотурбоприводов осуществляется при помощи электродвигателей или воздушных турбостартеров.

На рис. 18.10 в качестве примера показан автономный газотурбопривод пожарного насоса.

В настоящее время основное внимание уделяется газотурбогенераторам, которые обычно представляют собой ГТУ, работающие по закрытому циклу.

Вопросы для самопроверки

1. Каковы преимущества ГТУ по сравнению с дизельными установками?
2. Каковы преимущества ГТУ по сравнению с паротурбинными установками?
3. Каким образом осуществляется цикл ГТУ со сгоранием при постоянном давлении?
4. Какие Вы знаете методы повышения КПД ГТУ?
5. Почему на современных газотурбоходах устанавливаются газотурбинные двигатели авиационного (корабельного) типа вместо ГТУ промышленного типа?
6. Что представляет собой теплоутилизирующий контур газотурбинной установки ГТУ М-25 судов типа «Капитан Смирнов»?
7. Поясните по рис. 18.9 устройство и работу турбокомпрессора дизеля.

