

## Аннотация

Представлен принципиально новый термодинамический процесс буферного замещения Позднякова, позволяющий значительно повысить эффективность тепловых двигателей. Предлагаемый процесс заменяет собою процесс адиабатического сжатия в цикле Карно и в отличие от него не требует затрат механической энергии. В статье описан ряд эффективных конструктивных решений предлагаемого процесса для паротурбинных, газотурбинных и жидкостных ракетных двигателей.

### Буферный термодинамический процесс Позднякова

Сади Карно в своей работе [1] один из первых всесторонне изучил фундаментальные принципы работы идеальной тепловой машины, принято считать, что термодинамика как наука ведет свое начало именно с этой работы. И сегодня термодинамические циклы практически всех типов тепловых двигателей, по сути, являются частным случаем реализации цикла Карно.

В настоящей работе раскрывается принципиально новый термодинамический процесс- процесс буферного замещения Позднякова или буферный термодинамический цикл Позднякова, который позволяет по-новому взглянуть на перспективы развития тепловых двигателей. По сути, процесс буферного замещения Позднякова, заменяет собою процесс адиабатического сжатия в цикле Карно.

Основное отличие и преимущество процесса буферного замещения Позднякова заключается в том, что для его работы не требуется практически ни каких внешних энергетических затрат, так как в нем используется тепловая энергия нагревателя, что позволяет значительно сократить энергетические потери связанные с подачей рабочего тела в нагреватель тепловых двигателей.

Работа процесса буферного замещения Позднякова основана на использовании разности удельной плотности входящего и исходящего из нагревателя рабочего тела.

### Принцип действия процесса буферного замещения Позднякова

Рассмотрим работу простейшего паротурбинного теплового двигателя открытого цикла с примененным в нем процессом буферного замещения на **рис. 1**. Двигатель состоит из наполненного водой до некоторого рабочего уровня котла 1, расположенного на нагревателе 2. За счет нагрева разогретый

пар из котла под давлением поступает в турбину 3 и, совершив в ней полезную работу, выходит в атмосферу. По мере работы двигателя уровень воды в котле снижается. И для дальнейшей нормальной его работы воду в котел необходимо добавить. Как правило, для этого используют питательный насос, для работы которого необходимо приложить некоторое количество энергии, затрачиваемой на преодоление давления в котле. Именно этот способ применяется в цикле паротурбинного двигателя Ренкина.

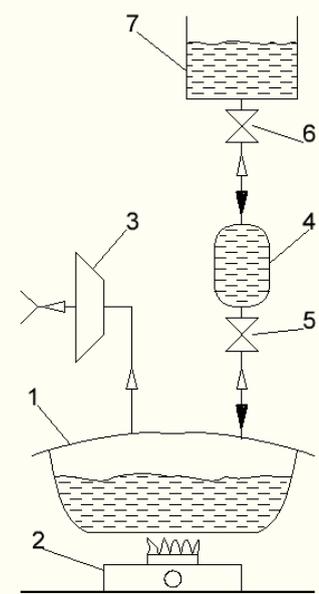


Рис. 1

Буферное устройство (рис. 1) состоит из

теплоизолированного буферного сосуда 4, который в нижней части через вентиль 5 сообщен с котлом 1, а в верхней части через вентиль 6 сообщен с открытым баком 7. Бак 7 наполнен водой и служит источником воды для котла 1.

В исходном состоянии буферный сосуд 4 наполнен водой, а вентили 5 и 6 закрыты. Сначала открываем вентиль 5. В результате давление в буферном сосуде 4 уравнивается с давлением в котле 1 и вода из буферного сосуда 4 под действием силы тяжести перетечет в котел 1. А буферный сосуд 4 наполнится разогретым паром из котла 1.

Далее закрываем вентиль 5, после чего открываем вентиль 6. В результате разогретый пар из буферного сосуда 4 под давлением вырывается в бак 7, где охлаждается водой и конденсируется, и буферный сосуд 4 наполнится водой из бака 7.

Далее закрываем вентиль 6. В результате буферное устройство переходит в исходное состояние, и далее при необходимости мы можем повторить этот цикл.

(Тут следует понимать, что проходное сечение вентилей 5 и 6 достаточно велико, чтобы обеспечить возможность одновременного протекания через них воды и проход пара аналогично тому, что когда мы выливаем воду из бутылки она одновременно с этим наполняется таким же объемом воздуха.)

В итоге нам удалось передать некоторый объем воды, равный объему буферного сосуда 4, из бака 7 в котел 1. При этом, мы не приложили ни каких усилий на преодоление давления в котле. При этом часть теплоты, выходящей из котла 1 с паром, проходящим через буферный сосуд 4, также передалась обратно в котел с водой, поступающей из бака 7 в котел 1.

Принцип буферного способа подачи рабочего тела в нагреватель основан на разности удельной плотности охлажденного рабочего тела, воды, поступающего через буферный сосуд в котел и разогретого рабочего тела, пара, выходящего из котла через этот буферный сосуд.

Теперь давайте рассмотрим схему работы теплового паротурбинного двигателя открытого цикла с более совершенным буферным устройством на **рис. 2**.

Котел с водой 1 расположен на нагревателе 2 (бытовая электроплитка). Из котла 1 рабочее тело, разогретый пар высокого давления, поступает в турбину 3, где расширяется, совершая полезную работу, и далее выходит в атмосферу. Буферное устройство работает следующим образом:

В исходном состоянии все вентили 4, 5, 6, 7, 8 закрыты. Буферные сосуды 9 и 10 имеют некоторый одинаковый объем и заполнены водой. Для упрощения изложения материала внутренний объем теплообменного аппарата 11 и соединительных труб не учитывается. Источником рабочего тела служит открытый сосуд с водой 12.

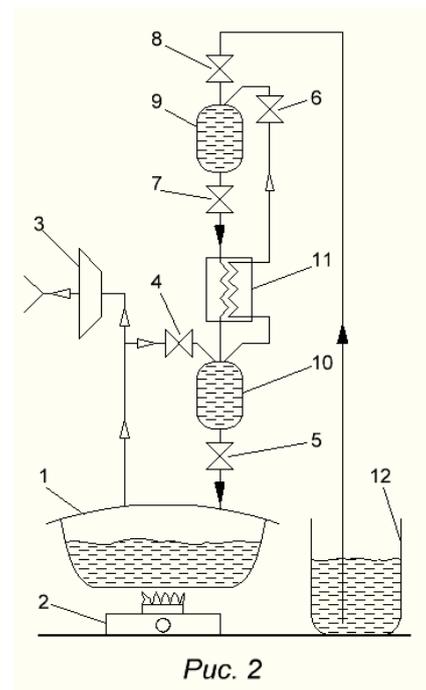


Рис. 2

Сначала открываем вентиль 4, в результате чего давление воды в буферном сосуде 10 сравнивается с давлением в котле 1. Далее открываем вентиль 5, в результате чего вода из буферного сосуда 10 через вентиль 5, под действием силы тяжести, перетечет в котел 1. А сам буферный сосуд 10 через открытый вентиль 4 наполнится паром из котла 1.

Далее закрываем вентили 4 и 5. Далее открываем вентиль 6, в результате давление в буферных сосудах 9 и 10 уравнивается. Далее открываем вентиль 7, в результате вода из буферного сосуда 9, под действием силы тяжести, через теплообменный аппарат 11 перетечет в сосуд 10. А вытесняемый водой пар из сосуда 10 через вторую сторону теплообменного аппарата 11 и через вентиль 6 поступает в сосуд 9. При этом за счет теплообменного аппарата теплота от пара, поступающего из сосуда 10 в сосуд 9, передается воде поступающей из сосуда 9 в сосуд 10. При этом за счет охлаждения пара, давление в этой замкнутой системе, состоящей из сосудов 9, 10 и теплообменного аппарата 11 снижается.

Далее закрываем вентили 6 и 7. Далее открываем вентиль 8, в результате за счет пониженного давления водяного пара в сосуде 9 вода из открытого резервуара перетекает из резервуара 12 в сосуд 9.

Далее закрываем вентиль 8 и в результате буферное устройство переходит в исходное состояние.

По этой схеме (**рис. 2**) был собран экспериментальный тепловой двигатель из лабораторной стеклянной химической посуды. В качестве котла служила колба объемом 1 литр, нагреваемая электроплиткой. Буферные сосуды сделаны из стеклянных колб объемом 50 мл. В качестве теплообменного

аппарата использовался стеклянный химический холодильник. В качестве турбины был использован небольшой электрический вентилятор, на лопасти которого через капиллярную трубку подается пар из котла. Нагрузкой турбины служит подключенный к обмоткам вентилятора светодиод мощностью 5 ватт. Источником воды служит стакан с водой емкостью 500 мл. Вся конструкция закреплена на лабораторном штативе и соединена силиконовыми трубками. В качестве вентилях использованы специальные зажимы, пережимающие силиконовые трубки. Также были установлены манометр показывающий давление в котле и вакуумный манометр, сообщенный с верхним буферным сосудом. Высота всей установки 80 см.

Давление пара в котле поддерживалось на 100 кПа выше атмосферного. При работе буферного устройства в верхнем буферном сосуде давление пара снижалось до 1-5 кПа.

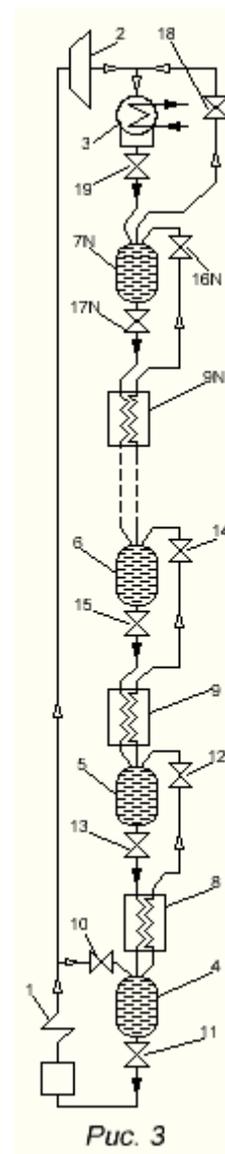
Резервуар с водой расположен ниже котла на 10 см. При этом за счет разницы давлений вода эффективно всасывалась из резервуара в верхний буферный сосуд, и далее передавалась через буферные сосуды в котел. Эксперимент показал эффективную работу предлагаемого буферного устройства.

Также имело место проявление одного негативного эффекта. При резком открытии вентиля 4 разогретая струя пара из котла, бьющая напором в воду в нижнем буферном сосуде 10 вызывала резкую бурлящую реакцию теплообмена в этом сосуде. В результате чего вода в сосуде 10 сильно нагревалась, а давление в котле сильно падало до 20-40 кПа. При более плавном открывании вентиля 4 этот эффект не наблюдался и двигатель работал нормально.

Преимущество предлагаемой на рис. 2 схемы заключается в том, что благодаря применению в ней теплообменного аппарата теплота практически полностью возвращается обратно в котел, а пониженное давление в верхнем сосуде 9 позволяет втягивать воду в двигатель из резервуара 12 расположенного даже ниже уровня котла.

**На рис. 3** изображена схема буферного паротурбинного двигателя замкнутого цикла, содержащая цепь из множества буферных сосудов. Принцип работы буферного устройства аналогичен предыдущей схеме. В исходном состоянии все вентили закрыты, буферные сосуды заполнены водой. При последовательном парном открытии и закрытии вентилей 10 и 11, 12 и 13, 14 и 15, 16N и 17N передаем пар от нижнего буферного сосуда 4 к верхнему буферному сосуду 6N.

Для обеспечения непрерывности работы турбины 2, конденсатор 3 оснащен резервуаром для сбора конденсата, объем которого не меньше объема буферных сосудов.



При многократном повторении цикла буферного замещения мы видим, как через наполненные водой буферные сосуды пар последовательно передается от нижнего сосуда к верхнему сосуду.

Также возможен и другой алгоритм работы буферного устройства. В исходном состоянии буферного устройства наполним все сосуды паром. Далее последовательно парно открываем и закрываем вентили 16N и 17N, 14 и 15, 12 и 13, 10 и 11 передавая воду от верхнего сосуда 6n к нижнему сосуду 4. В результате при многократном повторении этого алгоритма мы видим, как через наполненные паром сосуды последовательно передается вода от верхнего сосуда к нижнему сосуду. При этом мы получаем тот же результат, передается такой же объем воды из конденсатора в котел.

В процессе работы двигателя при многократном повторении буферного цикла (**рис.3**) в буферных сосудах устанавливается градиент температур и давлений рабочего тела, от нижнего сосуда 4 сообщаемого с котлом температура и давление постепенно снижаются к верхнему сосуду 6N сообщаемого с конденсатором 3.

При достаточной площади теплообмена теплообменных аппаратов 8, 9, 9N и достаточной длинной цепи, состоящей из множества сосудов 4, 5, 6, 6N, мы можем практически полностью исключить какие либо тепловые потери в буферном устройстве.

В результате мы видим что предлагаемый буферный цикл передачи рабочего тела в нагреватель ни чем не уступает по эффективности предложенному Садди Карно процессу адиабатического сжатия, а учитывая что буферному процессу не требуется внешних энергетических затрат мы видим явное преимущество буферного процесса.

В результате выше изложенного можно сделать вывод, что буферным способом не зависимо от величины давления рабочего тела в нагревателе теплового двигателя, мы всегда можем подать в нагреватель рабочее тело, не затрачивая при этом внешней энергии, при условии, что давление в нагревателе двигателя образовано нагревом и соответственно тепловым расширением рабочего тела в нем.

### **Аксиально-поршневое буферное устройство**

И так мы рассмотрели основные принципы работы процесса буферного замещения, но не менее важным аспектом является его практическая

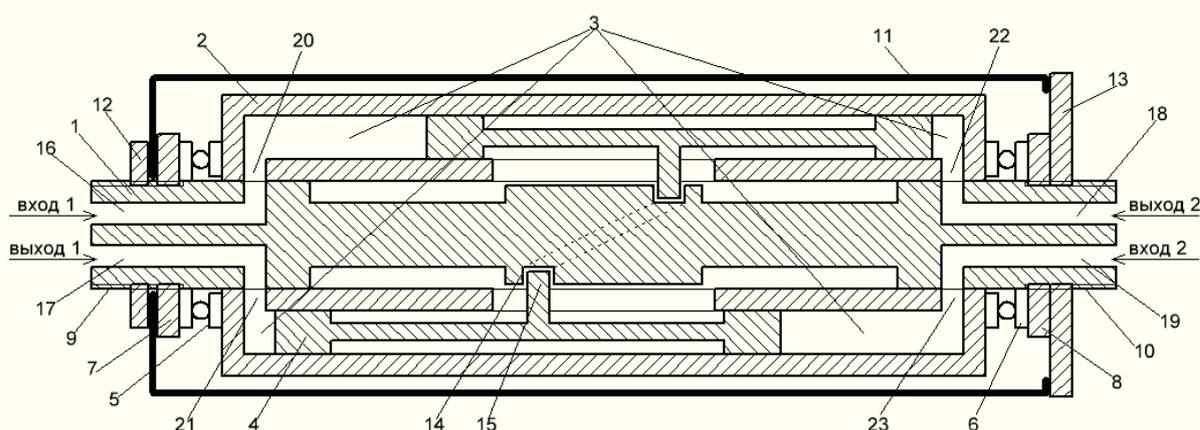


Рис. 4

реализация. Предлагаю рассмотреть одно из возможных практических конструктивных решений реализации процесса буферного замещения - Аксиально-поршневое буферное устройство (АПБУ), изображенное на **рис. 4**. АПБУ состоит из статичного вала 1, на котором расположен вращающийся ротор 2. В роторе 2 имеются расположенные по периметру, параллельно оси вращения, цилиндрические полости 3. В полостях 3 расположены плунжеры 4. С целью исключения продольного перемещения ротора 2 на валу 1, ротор 2 поджат с торцов упорными подшипниками 5, 6. Подшипники 5, 6 упираются в регулировочные гайки 7, 8 навинченные на резьбы 9, 10 вала 1. АПБУ расположено внутри цилиндрического, тонкостенного, защитного кожуха 11 зафиксированного гайкой 12. С другого конца вала АПБУ закрыто крышкой 13 навинченной на резьбу 10. В центральной части вала 1 имеется круговой наклонный направляющий паз 14, в который вставлены направляющие штыри 15 соединенные с плунжерами 4. При вращении ротора, за счет наклонного паза 14, плунжеры 4 производят возвратно-поступательное движение, из крайнего левого в крайнее правое положение внутри цилиндрических полостей 3. В статичном вале 1 имеются также каналы 16, 17, 18, 19. Цилиндрические полости 3 сообщаются с каналами 16, 17, 18, 19 через отверстия 20, 21, 22, 23 в роторе 2. В месте их сообщения ротор 2 прилегает к валу с минимальным зазором, обеспечивающим вращение ротора и исключающее протечки рабочего тела. При вращении ротора 2, при прохождении одной из полостей 3 в верхней части устройства, плунжер 4 перемещается из крайнего левого положения в крайнее правое за счет наклонного паза 14. А при прохождении в нижней части перемещается в крайнее левое положение. При этом при прохождении в верхней части полость 3 сообщается с каналами 16, 18. При прохождении нижней части сообщается с каналами 17, 19. А в промежуточной части полость 3 закрыта прилегающим к ротору 2 валом 1.

В результате если подать рабочее тело на вход 1 АПБУ под некоторым давлением то рабочее тело будет вытекать через выход 1, при этом ротор 2 будет вращаться, и АПБУ будет перекачивать такой же объем жидкости из входа 2 в выход 2.

Функционально работа АПБУ схожа с работой аксиально-поршневого гидромотора, вал которого соединен с валом аксиально-поршневого гидронасоса такой же производительности. А основное отличие АПБУ заключается в отсутствии этих валов и соответственно более простой конструкцией. При этом в АПБУ не происходит излишнего преобразования энергии давления потока рабочего тела в энергию вращения вала и обратного преобразования энергии вращения вала насоса в энергию потока рабочего тела. При этом энергия давления потока передается напрямую через плунжеры 4 АПБУ.

Существующие аксиально-поршневые гидравлические насосы и моторы сейчас широко применяются в различных гидроагрегатах и отличаются наиболее высокой эффективностью, до 98%. Рабочее давление до 60 мПа.

В связи с конструктивной схожестью АПБУ с этими устройствами, но более простой конструкцией, можно предположить, что АПБУ должен обладать не меньшей эффективностью.

### Буферный паротурбинный двигатель с АПБУ Позднякова

Далее рассмотрим схему буферного паротурбинного двигателя замкнутого цикла с примененным в нем АПБУ на рис. 5. Рабочее тело, разогретый пар высокого давления, из котла 1 поступает в турбину 2 где, расширяясь, совершает полезную работу. Далее из турбины пар поступает в конденсатор 3, где охлаждается и конденсируется. Далее с помощью циркуляционного насоса 4 конденсированное рабочее тело-вода подается в буферную систему. Причем циркуляционный насос 4 не совершает работы на преодоление давления в котле, а только лишь обеспечивает правильную работу буферной системы.

Буферная система состоит, в данном случае, из трех подключенных последовательно АПБУ 5, 7, 9 через теплообменные аппараты 6 и 7.

За счет работы циркуляционного насоса 4, поток воды, поступающий на вход 1 АПБУ 5, приводит во вращение его плунжерный ротор. Далее этот поток выходит из АПБУ 5 через выход 1, и далее проходя через теплообменный аппарат 6, поступает в АПБУ 7 через вход 1, и также приводит его ротор во вращение. Далее этот поток воды аналогично проходит через теплообменный

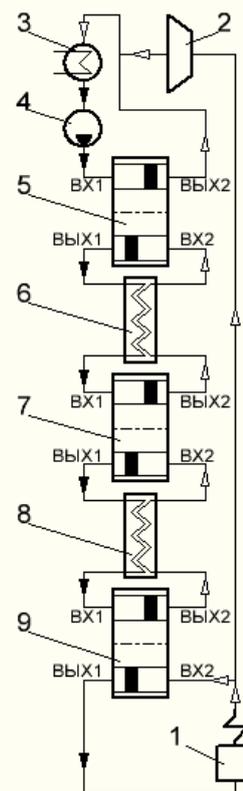


Рис. 5

аппарат 8 на вход 1 АПБУ 9. И далее из выхода 1 АПБУ 9 этот поток поступает в котел 1.

При этом часть пара из котла поступает на вход 2 АПБУ 9 и за счет вращения в нем плунжерного ротора перекачивается из выхода 2 через теплообменный аппарат 8 на вход 2 АПБУ 7. Далее этот поток пара аналогично проходит из АПБУ 7 через выход 2, далее через теплообменный аппарат 6 на вход 2 АПБУ 5. И далее из АПБУ 5 через выход 2 поступает в конденсатор 3.

За счет теплообменных аппаратов 6, 8 температура и давление пара проходящего через буферную систему, из котла в конденсатор, снижается. А теплота этого пара передается потоку воды проходящей через буферную систему из конденсатора в котел.

В результате работы этой буферной системы реализуется, аналогичный вышеописанному процессу, процесс буферного замещения. Регулировка производительности циркуляционного насоса, дает возможность регулировать производительность буферной системы в широких пределах. На мой взгляд, аксиально-поршневое буферное устройство должно обладать наибольшей эффективностью. Тем не менее, для создания буферного устройства, возможно, использовать и прочие гидравлические машины различных типов и видов. Например, пластинчатые гидронасосы двойного действия, шестеренчатые насосы и прочие машины объемного действия.

### **Преимущества буферного процесса Позднякова в ПТУ**

В существующих паротурбинных установках (ПТУ) часть полезной энергии, порядка 4%, затрачивается на работу питательного насоса. Учитывая, что КПД ПТУ составляет порядка 40%, то на работу питательного насоса также затрачивается в 2,5 раза подводимой теплоты. Применение буферного процесса в ПТУ за счет отказа от питательного насоса и связанных с ним потерь, позволяет повысить КПД ПТУ на 4-5%, и это весьма много учитывая то, что последние десятилетия инженеры бьются за десятые и даже сотые доли процента их эффективности.

Также повышается и полезная выходная мощность ПТУ на эти 4%.

Также значительно упрощается общая конструкция ПТУ. Для ПТУ средней мощности в 100 МВт мощность питательного насоса составляет порядка 4 МВт, что делает систему управления производительностью этим насосом весьма сложной технической задачей. Работа буферного процесса энергетически нейтральна и это позволяет снизить мощность системы управления производительностью потока питательной воды на 3-4 порядка.

### **Буферный газотурбинный двигатель Позднякова.**

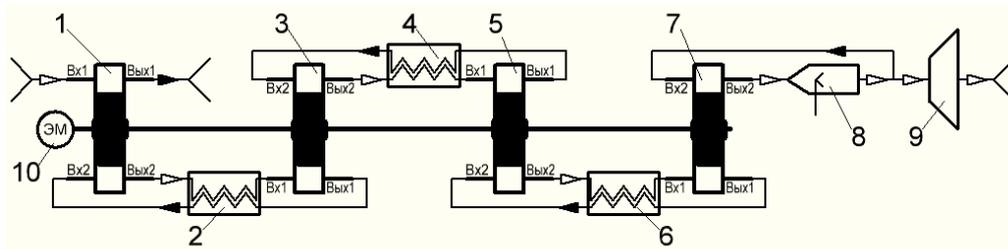


Рис. 6

На рис. 6 изображена схема буферного газотурбинного двигателя (ГТД). В данной схеме двигатель содержит четыре лопастных буферных устройства (ЛБУ) 1, 3, 5, 7, подключенных последовательно через теплообменные аппараты 2, 4, 6. Роторы ЛБУ приводятся во вращение с помощью электромотора 10.

Воздух поступает на вход 1 ЛБУ 1 буферной системы и передается через буферную систему в камеру сгорания 8. Из камеры сгорания часть потока продуктов сгорания поступает в турбину 9, где совершает полезную работу. А другая некоторая его часть поступает на вход 2 в ЛБУ 7 буферной системы. Для более полного понимания работы этого двигателя рассмотрим с начала устройство и принцип действия ЛБУ.

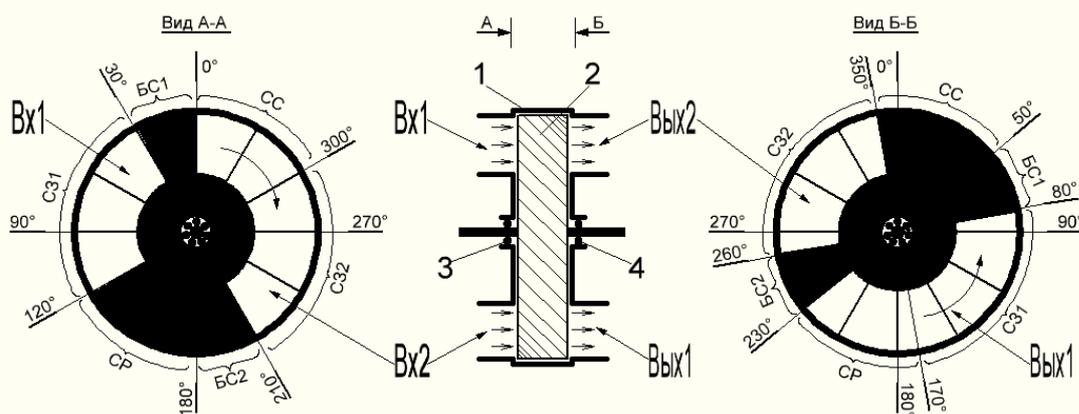


Рис. 7

ЛБУ состоит из корпуса 1 (рис. 7), внутри которого расположен ротор с лопастями, вращающийся на подшипниках 3 и 4. Пространство между лопастями выполняет функцию буферных сосудов, а за счет движущей силы лопастей выполняется циркуляция рабочего тела.

В левом торце корпуса расположены входные патрубки «Вх1» и «Вх2». В правом торце корпуса расположены выходные патрубки «Вых1» и «Вых2». Корпус прилегает к лопастям ротора с минимальным зазором. За счет этого обеспечивается отдельный проток рабочего тела из Вх1 в Вых1 и из Вх2 в Вых2. Давление рабочего тела в паре сообщенных каналов Вх1 и Вых1 всегда ниже давления в паре сообщенных каналов Вх2 и Вых2.

ЛБУ разделено на сектора, каждый из которых выполняет свою функцию, наиболее полно их можно рассмотреть на развернутой диаграмме на рис. 8. С правой стороны все сектора смещены относительно левой на угол равный угловой ширине лопастей.

Буферные сектора (БС1 и БС2) с обоих торцов закрывают крыльчатку стенками корпуса. Угловая ширина этих секторов должна быть не меньше углового расстояния между двумя соседними лопастями, за счет чего осуществляется разделение потоков рабочего тела между парами каналов. В процессе работы давление в БС1 соответствует пониженному давлению в сообщенной паре каналов Vx1 и Выx1. В БС2 давление соответствует повышенному давлению в сообщенной паре каналов Vx2 и Выx2.

Сектор сжатия (СС)- с левой стороны сообщен с каналом Vx2, а с правой стороны закрыт торцевой стенкой корпуса. При вращении крыльчатки, буферное пространство между лопастями (БПМЛ) покидая БС1 проходит сектор сжатия (СС). Так как давление в БПМЛ ниже давления рабочего тела в канале Vx2, то в этом секторе происходит сжатие рабочего тела в БПМЛ. Угловая ширина этого сектора должна быть достаточной, чтобы за время прохождения этого сектора давление в БПМЛ успело сравняться с давлением в канале Vx2.

Далее БПМЛ проходит сектор замещения 2 (С32). В этом секторе за счет движущей силы лопастей рабочее тело из БПМЛ перемещается в канал Выx2. А БПМЛ наполняется рабочим телом из канала Vx2. Угловая ширина сектора замещения 2 (С32) подобрана так, чтобы в канал Выx2 поступало только рабочее тело поступившее из буферного сектора БС1, а рабочее тело поступившее в БПМЛ в секторе сжатия (СС) не успеет его покинуть так как БПМЛ перекроется торцевыми стенками в буферном секторе 2 (БС2).

Далее БПМЛ проходит буферный сектор (БС2), давление в этом секторе равно давлению в каналах Vx2, Выx2.

Далее БПМЛ проходит сектор расширения (СР). С левой стороны СР закрыт торцевой стенкой корпуса, а с правой стороны сообщен с каналом Выx1. Так как давление в БПМЛ выше давления в канале Выx1, то в этом секторе происходит расширение рабочего тела в канал Выx1. Угловая ширина этого сектора должна быть достаточной, чтобы за время прохождения этого сектора давление в БПМЛ успело сравняться с давлением в канале Vx1.

Далее БПМЛ проходит сектор замещения 1 (С31). В этом секторе за счет движущей силы лопастей рабочее тело из БПМЛ перемещается в канал Выx1. А БПМЛ наполняется рабочим телом из канала Vx1. Угловая ширина этого

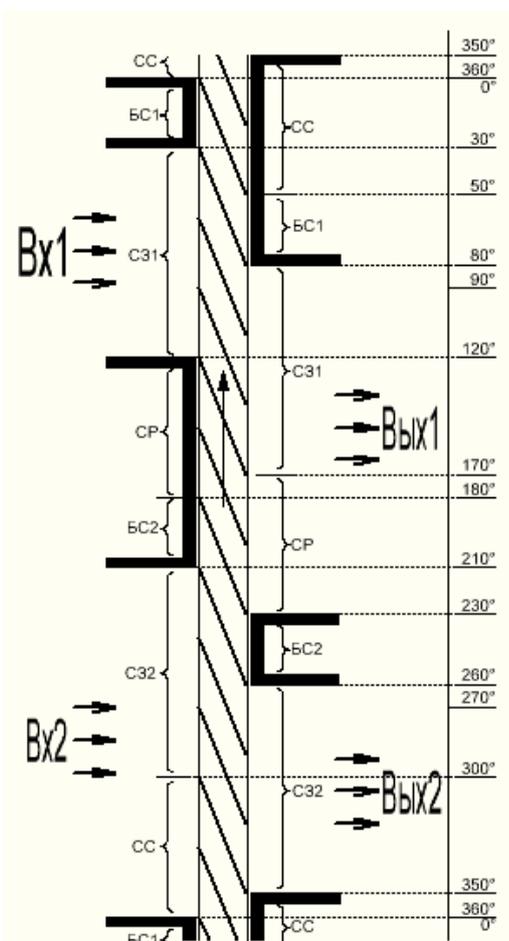


Рис. 8

сектора подобрана так чтобы в канал Вых1 поступало только рабочее тело поступившее из буферного сектора БС2, а рабочее тело поступившее в БПМЛ из канала Вх1 не успевало пройти через БПМЛ в канал Вых1 и перекрывалось торцевыми стенками в буферном секторе 1 (БС1).

Далее БПМЛ проходит буферный сектор 1 (БС1) и цикл повторяется.

В результате работы ЛБУ рабочее тело из канала с низким давлением Вх1 передается в канал Вых2 с более высоким давлением. А рабочее тело из канала с более высоким давлением Вх2 передается в канал Вых1 с более низким давлением.

Одним из преимуществ ЛБУ заключается в однонаправленности потоков рабочего тела.

Теперь, понимая принцип действия ЛБУ, рассмотрим работу буферной системы ГТД на ее основе, на рис. 6. Рабочее тело, атмосферный воздух, поступает в ЛБУ 1 через Вход 1, за счет вращения его лопастей. Далее выходит из ЛБУ 1 через Выход 2 и проходя через теплообменный аппарат 2 поступает на Вход1 ЛБУ 3. Далее выходит из ЛБУ 3 через Выход 2 и проходя через теплообменный аппарат 4 поступает на Вход1 ЛБУ 5. Далее выходит из ЛБУ 5 через Выход 2 и проходя через теплообменный аппарат 6 поступает на Вход1 ЛБУ 7. Далее выходит из ЛБУ 7 через Выход 2 и поступает в камеру сгорания 8. При этом за счет теплообменных аппаратов 2, 4, 6 температура и давление этого потока рабочего тела повышается.

Из камеры сгорания часть разогретого рабочего тела, продуктов сгорания, поступает в турбину 9, где расширяется, совершая полезную работу, и далее выходит в атмосферу. Другая его часть поступает в ЛБУ 7 через Вход2, и далее выходит из ЛБУ 7 через Выход1 проходя через теплообменный аппарат 6 поступает на Вход2 ЛБУ 5. Далее из ЛБУ 5 через Выход1 проходя через теплообменный аппарат 4 поступает на Вход2 ЛБУ 3. Далее из ЛБУ 3 через Выход1 проходя через теплообменный аппарат 2 поступает на Вход2 ЛБУ 1. Далее из ЛБУ 1 через выход1 рабочее тело поступает в атмосферу.

Также возможно перекрыть выход 1 ЛБУ1. В этом случае этот поток рабочего тела в ЛБУ1 смешивается с воздухом поступающим в ЛБУ 1 через вход 1.

Также возможно отказаться от применения теплообменных аппаратов (либо значительно снизить их площадь) переложив их функцию на развитую площадь лопастей ЛБУ.

Также буферным способом можно подавать в камеру сгорания не только воздух, но и топливо.

## **Преимущества буферного процесса Позднякова в ГТД**



уровня жидкого топлива в одной из полостей скорость вращения БШ непосредственно над ней повышается. При снижении уровня скорость вращения БШ снижается.

Вытеснительные шестерни 2, 4, 6 служат для вытеснения паров топлива из буферного пространства между зубьями БШ.

Рассмотрим схему подачи горючего в буферном ЖРД. Изначально двигатель выключен, топливо находится только в топливном баке ТБ и верхней полости ШБУ, дроссель ДР1 закрыт, насос Н1 выключен, прочие полости двигателя наполнены парами топлива.

Сначала включаем режим слежения за уровнем жидкого топлива в пространстве между БШ. В результате чего БШ придут во вращение за счет работы электродвигателей. После наполнения пространства между БШ жидким топливом до рабочего уровня, БШ автоматически по сигналу датчиков уровня останавливаются. Далее при снижении уровня жидкого топлива в нижней полости ШБУ, так как оно будет подаваться в камеру сгорания КС двигателя, уровень топлива всегда будет поддерживаться работой этой автоматической системы.

Далее включаем насос Н1 и наполняем рубашку охлаждения сопла РОС1 и термоэлектрический нагреватель ТЭН1 жидким топливом.

Далее включаем ТЭН1, в результате чего жидкое топливо в нем нагревается и закипает, давление в этом контуре связанном с нижней полостью ШБУ повышается.

Далее по достижении некоторого заданного давления в этом контуре открываем дроссель ДР1, в результате чего жидкое топливо будет под этим заданным давлением поступать в камеру сгорания двигателя.

Система буферной подачи окислителя запускается параллельно топливной, а ее работа отличается тем, что в камеру сгорания окислитель поступает в газообразном состоянии, так как перед этим испаряется проходя через РОС2 и ТЭН2.

Далее горючая смесь, поступающая в КС, поджигается.

Далее после прогрева двигателя ТЭН1 (и ТЭН2) отключается.

Двигатель работает.

Далее регулируя сечение дросселей и производительность работы насосов, управляем режимами работы двигателя. Управляя производительностью работы насоса Н1 регулируем количество подачи топлива в КС и РОС1.

Регулируя сечение дросселя ДР2 регулируем количество топлива поступающего в КС.

Работа, затрачиваемая на вращение шестерен ШБУ, по сути, затрачивается лишь на преодоления сил трения. Насосы Н1 и Н2 также выполняют лишь циркуляционную функцию, энергия затрачиваемая на их работу также затрачивается лишь на преодоление сил трения.

Сейчас абсолютным рекордсменом по давлению в камере сгорания в 35 МПа является последняя разработка от компании SpaceX двигатель Merlin, и идет с

большим отрывом, давление в предыдущих поколениях ЖРД составляет порядка 10-25 МПа.

Если в качестве окислителя в буферном ЖРД применить общепринятый сжиженный кислород, то при его нагреве в РОС с  $-183^{\circ}\text{C}$  до  $+20^{\circ}\text{C}$  его давление будет составлять порядка 80 МПа. Применение криогенного горючего, например водорода, также легко позволит достичь аналогичного давления.

Исходя из этого буферный ЖРД, выглядит весьма перспективно, так как с ростом давления в камере сгорания двигателя растет и его эффективность. Особенностью конструкции ШБУ является отсутствие необходимости применения теплообменных аппаратов, так как процесс теплообмена и так происходит довольно активно при смешивании разогретых паров и жидкого топлива в пространстве между БШ.

Также по мере прохождения разогретых паров из нижней полости к верхней полости буферного устройства, за счет охлаждения часть этого газообразного топлива конденсируется. В результате массово до верхней полости ШБУ, в виде паров, доходит лишь крайне незначительная его часть, соответствующая удельной плотности этих насыщенных паров при температуре холодильника.

### **Преимущества буферного процесса Позднякова в ЖРД**

С увеличением рабочего давления в камере сгорания ЖРД растет и его эффективность, а давление определяется мощностью и совершенством ТНА, которые работают на пределе технологических возможностей.

Применение буферного принципа делает подачу топлива в камеру сгорания энергетически нейтральным и легко управляемым процессом, что позволит значительно упростить задачу дальнейшего повышения рабочего давления и соответственно эффективности ЖРД.

### **Заключение**

Решение проблемы эффективности тепловых машин является одной из важнейших задач современной науки. Общеизвестно, что сейчас основной причиной вредного воздействия человека на экологию, которое непрерывно только усугубляется, связано в первую очередь с плачевно низким КПД тепловых двигателей. Например, эффективность самого распространенного бензинового ДВС не превышает 25%, а это значит, что как минимум 75% всего производимого на планете бензина сжигается просто впустую, нанося непоправимый ущерб нашему дому. И это лишь один из аспектов связанных с этой глобальной проблемой, а их на самом деле множество.

На сегодняшний день ученые использовали практически все пути совершенствования тепловых двигателей и дальнейший значимый прогресс в этой отрасли уже невозможен без внедрения новых идей. Несомненно, что предлагаемый термодинамический процесс буферного замещения Позднякова, учитывая его принципиальную новизну, эффективность и практическую реализуемость, является одной из таких идей.

Конечно, для внедрения предлагаемой идеи нужно провести достаточно большую научно-исследовательскую и опытно-конструкторскую работу, но перспектива ее реализации вполне способна обеспечить прорыв в этой чрезвычайно значимой отрасли и тем самым дать человечеству новую надежду в решении целого ряда экологических и экономических проблем современности.

16 сентября 2024 года.

Поздняков Евгений Павлович

E-meil: [evgeny.pozdniakow@yandex.ru](mailto:evgeny.pozdniakow@yandex.ru)