

## О СМАЗКЕ ПОДШИПНИКОВ СИЛОВОЙ ТУРБИНЫ ДВИГАТЕЛЯ НК-37

© 2006 А.Е. Трянов, О.А. Гришанов, Н.Г. Жулев

ОАО «СНТК им. Н.Д. Кузнецова», г. Самара

Описан способ смазки подшипников силовой турбины (СТ), являющейся модулем ГТД, используемым для привода электрогенератора. Так как после выключения двигателя прекращается подача масла от него к подшипникам СТ, то при длительном вращении ее ротора (обусловленном высокой инерционностью ротора электрогенератора) смазка этих подшипников осуществляется маслом, поступающим самотеком из специального устройства.

В настоящее время все более широкое распространение получают энергетические газотурбинные установки (ЭГТУ), в которых для привода электрогенераторов используются конвертированные авиационные газотурбинные двигатели (ГТД). В состав таких ГТД в виде отдельного модуля входит новый узел – силовая (или свободная) турбина (СТ), приводящая во вращение ротор электрогенератора. Одной из специфических эксплуатационных особенностей ЭГТУ с указанной турбиной является то, что после выключения двигателя вследствие высокой инерционности ротора электрогенератора процесс останова кинематически связанного с ним ротора СТ имеет затяжной характер. Уменьшение исходной величины кинетической энергии вращения происходит за счет потерь на трение в подшипниковых опорах роторов силовой турбины и электрогенератора, а также за счет вентиляционных потерь в этих узлах. Поскольку эти потери относительно невелики, то выбег ротора СТ весьма длительный. Уместно отметить, что у аналогичных по конструкции конвертированных газотурбинных двигателей, используемых в качестве приводов газоперекачивающих агрегатов (ГПА), нет такой проблемы. Это связано с тем, что после выключения ГПА частота вращения ротора силовой турбины практически сразу же падает до нуля из-за резкого торможения ротора нагнетателя газа. Так что описанная выше специфическая особенность длительного вращения ротора силовой турбины после выключения двигателя присуща только газотурбинным приводам электрогенераторов.

У конвертированных ГТД семейства «НК», в частности, у двигателя НК-37 в процессе его работы подача масла ко всем уз-

лам трения осуществляется нагнетающим насосом, приводимым во вращение от ротора газогенератора. При выключении двигателя насосная подача масла к потребителям, в том числе и в СТ прекращается, а вращение ротора последней продолжается еще около получаса. Поэтому на двигателе НК-37 в системе нагнетания масла в СТ было предусмотрено специальное устройство, получившее название «гидроаккумулятор», для обеспечения подачи масла самотеком на узлы трения СТ при выключении двигателя (в течение определенного времени после останова ротора газогенератора, т.е. после прекращения насосной подачи масла). В состав этого устройства (рис.1) входят:

- емкость, заполняемая маслом при работе двигателя;
- трубопровод подвода масла к емкости;
- трубопровод отвода вытесняемого из нее воздуха (при заполнении маслом) и подвода всасываемого воздуха при опорожнении емкости;
- трубопровод отвода масла из емкости к форсункам опоры СТ;
- жиклер в линии отвода масла из емкости к форсункам опоры СТ.

Гидроаккумулятор смонтирован на оболочке двигателя с наклоном в сторону штуцера, к которому подсоединен трубопровод отвода масла к форсункам опоры СТ.

Принцип работы этого устройства заключается в следующем. При работе двигателя происходит автоматическое заполнение емкости гидроаккумулятора маслом из системы нагнетания через один из верхних штуцеров. Через второй верхний штуцер после вытеснения воздуха из емкости гидроаккумулятора масло поступает по трубопроводу на смазку узлов трения коробки приводов

СТ (или может отводиться в маслобак).  
 подвод масла  
 от нагнетающего  
 насоса

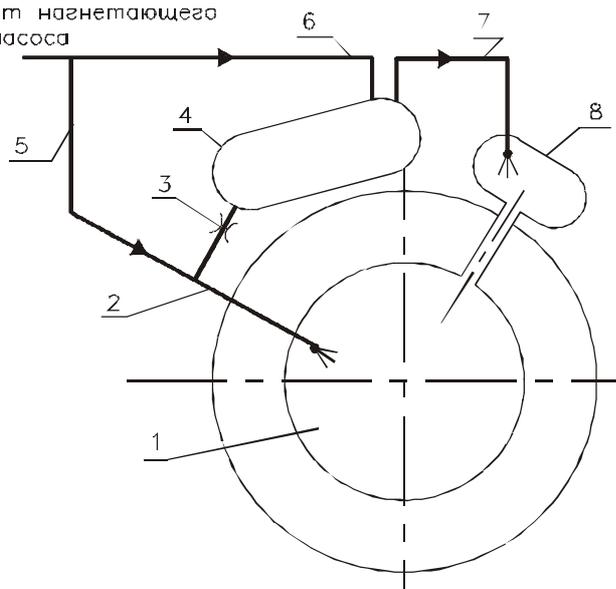


Рис.1. Схема включения гидроаккумулятора в масляную систему:

1- масляная полость опоры СТ; 2- подвод масла к узлам трения СТ; 3- жиклер; 4- гидроаккумулятор; 5- подвод масла от нагнетающего насоса; 6- трубопровод подвода масла к гидроаккумулятору; 7- трубопровод подвода масла к КПА; 8- КПА СТ

После выключения двигателя, когда прекращается подача масла от нагнетающего насоса, масло из емкости гидроаккумулятора самотеком через нижний штуцер по трубопроводу поступает к форсункам подшипников опоры СТ. При этом по освободившемуся от масла трубопроводу в емкость гидроаккумулятора всасывается воздух для замещения объема вытекающего масла. Таким образом обеспечивается поступление масла к подшипникам СТ в течение времени, пока частота вращения ротора СТ уменьшится до приемлемого уровня. Время опорожнения емкости гидроаккумулятора зависит от величины ее объема и от диаметра жиклера в сливном трубопроводе.

Масло, сливаемое из гидроаккумулятора, скапливается в масляной полости силовой турбины. Поэтому маслоотборник у силовой турбины должен быть достаточным по объему, чтобы обеспечивать возможность приема сливаемого из гидроаккумулятора масла, не допуская его вытекания через уплотнения ротора. При очередном запуске двигателя это масло будет откачено еще до начала вращения ротора СТ, которое проис-

ходит со значительным запозданием после включения стартера.

Следует отметить, что подсоединение гидроаккумулятора может быть выполнено, как показано на рис. 2. Верхняя зона емкости гидроаккумулятора соединена каналом с воздушной полостью маслобака, а нижняя – с трубопроводом подвода масла к форсункам подшипников СТ. При этом как заполнение емкости гидроаккумулятора маслом, так и слив из нее осуществляется через жиклер.

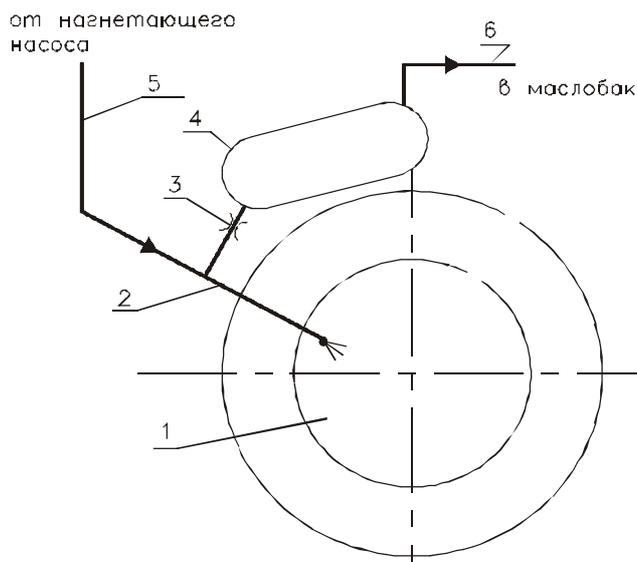


Рис.2. Схема включения гидроаккумулятора в масляную систему (вариант второй)

1-масляная полость опоры СТ; 2- подвод масла к узлам трения СТ; 3- жиклер; 4- гидроаккумулятор; 5- подвод масла от нагнетающего насоса; 6- трубопровод подвода масла в маслобак

Для определения необходимого объема емкости гидроаккумулятора и диаметра жиклера были проведены экспериментальные проверки. Объектом исследования являлась установка (рис.3), на которой имитировалась подача масла самотеком из гидроаккумулятора к подшипникам опоры СТ. Основным ее элементом являлась штатная опора СТ (поз.1). Над опорой была установлена технологическая емкость (имитатор емкости гидроаккумулятора) 2 с указателем уровня 3, к которой был подсоединен сливной трубопровод 4, снабженный запорным краном 5 и сменным жиклером 6. Под установкой была из отверстий форсуночных колец масло размещена сливная ванна 7, к которой подключен трубопровод 8, снабженный фильтром 9 и запорным краном 10, через который масло сливалось в переносную емкость 11.

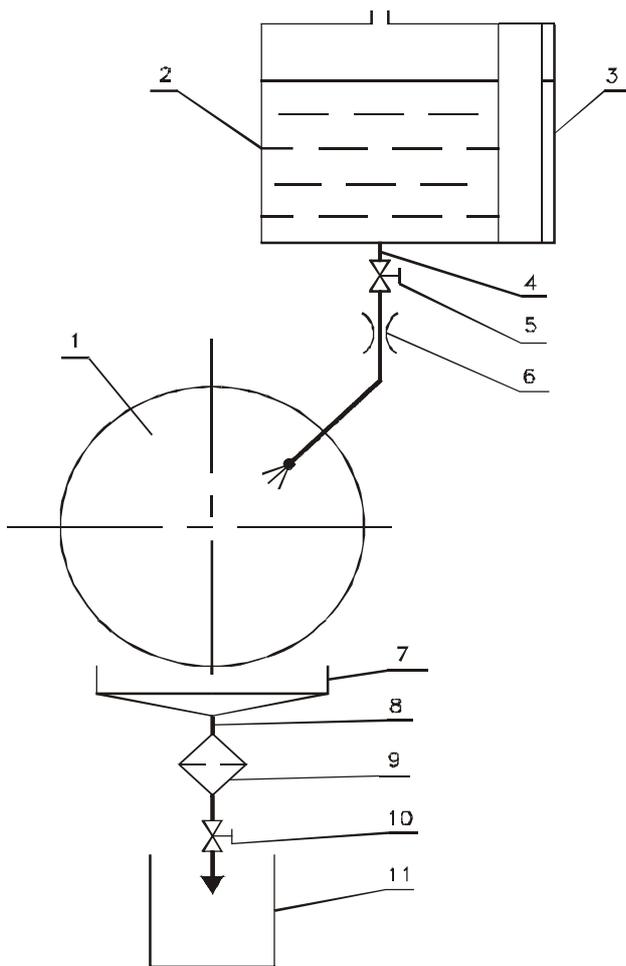


Рис.3. Схема включения гидроаккумулятора в масляную систему: 1- опора СТ; 2- емкость, имитирующая гидроаккумулятор; 3- указатель уровня масла; 4, 8- трубопровод сливной; 5, 10- кран запорный; 6- жиклер; 7- ванна сливная; 9- фильтр; 11- емкость переносная

Проливку опоры СТ производили маслом МК-8П (ГОСТ 6457-66) с температурой  $20 \pm 5^\circ\text{C}$ .

С целью определения фактической продолжительности времени, за которое сливается определенное количество масла ( $\approx 3,5$  л) из емкости, расположенной выше штуцера подвода масла к опоре на  $0,5 \dots 0,1$  м, были проведены проливки опоры с поочередно устанавливаемыми в канале слива жиклерами  $\varnothing 2$ ; 3 и 5 мм. При этом визуально определяли характер истечения масла из отверстий форсунок.

В результате выполненных проливок были получены экспериментальные данные по времени опорожнения емкости в зависимости от ее объема и от диаметра жиклера в сливном канале. При этом было установле-

но, что при расположении емкости на высоте более 400 мм относительно штуцера подвода масла в опору истекающее гарантированно попадает на беговые дорожки подшипников. Проведенные проливки позволили выбрать величину диаметра жиклера нижнего штуцера равной  $\varnothing 2,0$  мм и объем гидроаккумулятора ( $V \approx 4,5$  л.), оптимальные для свободной турбины двигателя НК-37, обеспечивающие подачу масла на ее узлы трения в течение 16 минут.

Для проверки надежности функционирования системы подачи масла в опору свободной турбины на ЭГТУ Безымянской ТЭЦ дополнительно был проведен еще один эксперимент. Была смонтирована система для контроля уровня масла в емкости гидроаккумулятора в процессе останова двигателя (рис.4). Данное устройство было соединено (с помощью запорных кранов и тройников) с нижним и одним из верхних штуцеров гидроаккумулятора.

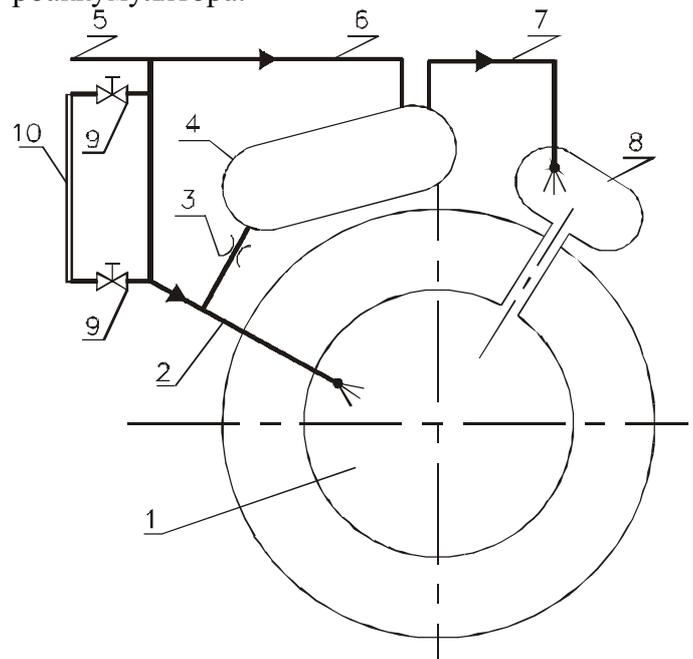


Рис.4. Включение уровнемера в схему масляной системы:

1- масляная полость опоры СТ; 2- подвод масла к узлам трения СТ; 3- жиклер; 4- гидроаккумулятор; 5- подвод масла от нагнетающего насоса; 6- трубопровод подвода масла к гидроаккумулятору; 7- трубопровод подвода масла к КПА; 8- КПА СТ; 9- кран; 10- уровнемер

В процессе работы двигателя краны уровнемера находились в закрытом состоянии. После выключения двигателя краны бы-

ли открыты и с периодичностью 1 мин. производили контроль изменения уровня масла в гидроаккумуляторе до его полного опорожнения. В результате проведенного эксперимента было установлено [1], что время опорожнения гидроаккумулятора соответствует результату, полученному при лабораторных проливках опоры СТ на установке. Более того, она несколько превышает последнюю из-за эффекта авторотации ротора газогенератора, вызванной продолжающимся после останова вращением ротора свободной турбины. Данный фактор обеспечивает дополнительную подпитку гидроаккумулятора от нагнетающего насоса на начальной стадии выбега роторов и позитивно сказывается на длительности его опорожнения.

Надежность функционирования масляной системы СТ с гидроаккумулятором, обеспечивающим подачу масла к узлам тре-

ния опоры СТ на режиме длительного выбега ее ротора после останова двигателя, подтверждена длительной эксплуатацией двигателя НК-37 на ЭГТУ Безымянской ТЭЦ (г. Самара). При общей наработке, превышающей 30 тысяч часов, было произведено более 150 остановов. Замечаний по состоянию подшипников силовой турбины отмечено не было. На указанное устройство с гидроаккумулятором выдан патент на изобретение [2].

#### **Список литературы**

1. Совместный отчет ОАО СНТК им. Н.Д. Кузнецова и БТЭЦ (инв. № 001.13171) «Проверка функционирования системы смазки подшипников свободной турбины в процессе длительного выбега ротора».

2. Патент на изобретение №2267626 «Масляная система газотурбинного двигателя» (с приоритетом от 21. 11. 02 г.) авторов Трянова А.Е., Гришанова О.А., Жулева Н.Г.

## **ON LUBRICATION OF POWER TURBINE BEARINGS IN NK-37 GAS TURBINE**

© 2006 A.Ye. Tryanov, O.A. Grishanov, N.G. Juliov

N.D. Kuznetsov Company Scientific and Technical Complex, Samara

A devise providing power turbine bearings lubrication in NK-37 gas turbine for electric generator drive is described in the report lubrication is required during power turbine rotor run-down.