

ИНФОРМАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ № ИМ-21.33-08		
Ревизия 01	Дата	30.04.2025
Подтверждение соответствия требованиям НЛГ 33.74 путем испытаний подшипников на режиме авторотации без подачи масла		
Москва, 2025 г.		

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№	Описание изменения	Номер ревизии	Дата
1.	Введение в действие первоначального документа	01	30.04.2025
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

Первоначальная редакция данных методических рекомендаций подготовлена Авиарегистром России на основе Методических рекомендаций «Подтверждение соответствия требованиям АП 33.74 путем испытаний подшипников на режиме авторотации без подачи масла», разработанных ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова».

СОДЕРЖАНИЕ

1 Цель и назначение	4
2 Нормативные ссылки и источники информации.....	6
3 Термины и определения.....	7
4 Сокращения и обозначения	8
5 Формулировки основного и связанных параграфов отечественных Норм летной годности	9
6 Формулировки основного и связанных параграфов зарубежных Норм летной годности....	10
7 Рекомендации по подтверждению соответствия сертификационным требованиям при испытаниях подшипников на режиме авторотации без подачи масла.....	13

1 Цель и назначение

Основное требование п.33.74 «Продолженное вращение» НЛГ 33 заключается в том, чтобы производители двигателей продемонстрировали экспериментальным или аналитическими методами, что «продолженное вращение» роторов двигателя в течение длительного периода после его выключения не приведет к опасному событию.

Целью настоящих методических рекомендаций является представление возможного, но не единственного, способа установления соответствия требованиям п.33.74 в части работоспособности подшипников опор роторов двигателя путем их испытаний на подшипниковом стенде. В частности, возможно проведение испытаний всех подшипников в составе двигателя, или в составе имитатора двигателя в компоновке базового двигателя на режиме авторотации.

Требование п.33.74 распространяется на роторы двигателя, которые продолжают вращаться после того, как двигатель выключается в полете по любой причине. Продолженное вращение может быть вызвано авторотацией или механическими эффектами, или и тем, и другим. Механические эффекты включают, например, заедание муфты сцепления в силовой установке многодвигательного винтокрылого аппарата, что может вызвать продолженное вращение выключенного двигателя, передаваемое от второго работающего двигателя.

Требования к обеспечению безопасности, представленные в п.33.74, заключаются в том, чтобы двигатель, который продолжает вращаться после выключения, не создавал опасности для воздушного судна. Решение данной проблемы предполагает наличие требования к конструкции, заключающееся в том, чтобы ситуация, сложившаяся в результате выключения двигателя из-за отказа, не являющегося опасным, не развивалась в опасное событие за период продолженного вращения. Для доказательства соответствия этим требованиям могут быть представлены результаты испытаний, анализа или другие данные, которые уполномоченный орган сочтет приемлемыми.

При подготовке материалов для доказательства соответствия рекомендуется проанализировать все возможные варианты силовых установок воздушного судна (ВС) для применения сертифицируемого двигателя.

Заявителю следует рассмотреть все возможные случаи, которые могут привести к выключению двигателя, продолженному вращению и сопутствующие им повреждения. Перечень таких ситуаций включает:

- потерю опоры оси вращения ротора (например, разрушение подшипника, разрушение опоры подшипника и др.);

- обрыв рабочей лопатки ротора (лопатки вентилятора, турбины и др.);
- прекращение подачи масла в двигатель (падение расхода или давления);
- выключение двигателя из-за перебоев в подаче топлива и др.;
- срыв пламени в камере сгорания (попадание воды, снега, льда).

В данном документе приведены рекомендации по подтверждению работоспособности подшипников опор роторов во время «продолженного вращения» при испытаниях наиболее критичного подшипника на режиме авторотации без подачи масла.

При «продолженном вращении», когда к подшипнику перестает поступать охлаждающее масло, возможны следующие этапы работы подшипника: (1) работа подшипника в режиме качения; (2) качение с подклиниванием и значительным скольжением; (3) заклинивание подшипника с разрушением его элементов.

При работе подшипника в режиме качения определяется максимальное время продолжения полета воздушного судна для возможности учета особых случаев эксплуатации, например, таких как полеты по правилам ETOPS, и определять возможное время отклонения и дальность полета самолета с одним неработающим двигателем от маршрута при такой эксплуатации.

При вращении подшипника с подклиниванием и значительным скольжением в подшипнике увеличивается тепловыделение, что приводит к снижению прочности его элементов, а также может привести к разогреву и возможному воспламенению масла в подшипниковом узле.

При разрушении подшипника может произойти смещение оси ротора и задевание его частей о статорные детали, что в свою очередь также может приводить к «трению» титановых деталей ротора и статора с возможностью возгорания титана.

Заявителю следует испытаниями подшипника продемонстрировать, что при продолженном вращении без масла работа подшипника не приведет к опасному отказу. С другой стороны, нужно продемонстрировать, что в условиях «продолженного вращения» подшипник обеспечит работоспособность в течение максимального периода полета в ожидаемых условиях, в случае неработающего двигателя.

Методические рекомендации предназначены для использования Разработчиком при предоставлении уполномоченному органу доказательств обеспечения п.33.74 с точки зрения работы подшипников опор роторов в условиях продолженного вращения путём проведения испытаний наиболее критичного подшипника на подшипниковом стенде.

Данные рекомендации не являются обязательными и не относятся к нормативным.

Рекомендации не изменяют, не разрешают изменений и не допускают отклонений от существующих нормативных требований.

2 Нормативные ссылки и источники информации

В настоящих рекомендациях используются ссылки на следующие нормативные правовые акты Российской Федерации и источники информации:

- [1] Нормы летной годности двигателей воздушных судов НЛГ 33 // Федеральное агентство воздушного транспорта, 77 с., 2022.
- [2] РЦ-АП 33.74/92 – Продолжающееся вращение газотурбинного двигателя и блокировка ротора. Авиарегистр МАК, 2006
- [3] Electronic Code of Federal Regulations. Part 33 – Airworthiness standards: Aircraft engines // [Электронный ресурс <https://www.ecfr.gov/>. Дата доступа: 10.04.2020 г.]
- [4] CS-E. Certification Specifications and Acceptable Means of Compliance for Engines. Amendment 5 // European Union Aviation Safety Agency, 225 p., 2018.
- [5] Advisory Circular 33.74/92-1B. Turbine Engine Continued Rotation and Rotor Locking // U.S. Department of Transportation. Federal Aviation Administration, 9 p., 2016.

3 Термины и определения

Термин	Определение
Авторотация	Вращение ротора неработающего двигателя под действием на лопатки набегающего воздушного потока в связи с движением воздушного судна вперед.
Критичный подшипник	Подшипник, который вероятно первым выйдет из строя в условиях продолженного вращения
Опасный отказ	Перечень отказов, предусмотренный п.(g)(2)(i)-(vii) раздела 33.75 НЛГ 33
Продолженное вращение	Состояние, при котором какая-либо основная вращающаяся система в двигателе продолжает вращаться после выключения двигателя.

4 Сокращения и обозначения

Сокращения и обозначения	Расшифровка
НЛГ 33	Нормы летной годности двигателей воздушных судов НЛГ 33
ГТД	Газотурбинный двигатель
ВС	Воздушное судно
ЛА	Летательный аппарат
FAR-33	Federal Aviation Rules. Part 33 (<i>англ.</i>) – Федеральные авиационные правила
FAA	Federal Aviation Agency – Федеральное Авиационное Агентство
EASA	European Aviation Safety Agency – Европейское Агентство Авиационной Безопасности
АС	Advisory Circular (<i>англ.</i>) – Рекомендательный Циркуляр
CS-E	Certification Specification for Engines (<i>англ.</i>) – Нормы летной годности

5 Формулировки основного и связанных параграфов отечественных Норм летной годности

В действующей редакции НЛГ 33 2022 г. раздел норм летной годности [1], посвященный авторотации¹ двигателя, имеет номер 33.74 и называется «Продолженное вращение»:

«Если какая-либо из основных вращающихся систем двигателя продолжает вращаться после того, как двигатель будет выключен в полете по любой причине, и если нет средств, предотвращающих такое продолженное вращение, то любое продолжение вращения в течение максимального периода в полете и в условиях, ожидаемых в случае неработающего двигателя, не должно приводить ни к одному из последствий, описанных в параграфе 33.75 (g)(2)(i) – (vi) НЛГ 33.»

Связанные пункты (g)(2)(i) - (vi) раздела 33.75 «Анализ безопасности» [1], представляют перечень опасных отказов двигателя:

- (i) нелокализованные фрагменты, обладающие высокой энергией;
- (ii) концентрация токсичных продуктов в отбираемом от двигателя воздухе, предназначенном для кабины достаточная, чтобы привести к потере работоспособности экипажа или пассажиров;
- (iii) значительная тяга в направлении, противоположном заданному;
- (iv) неуправляемый пожар;
- (v) разрушение узлов подвески двигателя;
- (vi) разъединение воздушного винта с двигателем (если применимо);

В перечне опасных отказов также имеется пункт «(vii) невозможность выключить двигатель», однако, он не может произойти при продолженном вращении, так как двигатель уже выключен.

Дополнительно выпущен рекомендательный циркуляр РЦ-АП 33.74/92 – Продолжающееся вращение газотурбинного двигателя и блокировка ротора [2].

¹ В Нормах летной годности самолетов (НЛГС-3) 1985 г пункт 6.5.2.15 назывался «Проверка работы двигателя с имитацией режима авторотации», согласно которому: «...должно быть проведено испытание при максимально возможной в эксплуатации частоте вращения авторотации, при отказе в подаче масла в двигатель...» (п.6.5.2.15.1), а также «Испытание на режиме авторотации должно проводиться в течение времени, требующегося для завершения полета самолета с одним выключенным двигателем ...» (п.6.5.2.15.2). В НЛГ 1994, 2004 годов (АП 33) пункт 33.74 имел название «Авторотация». Формулировка была аналогичной существующей в настоящее время, отличие заключалось в перечне отказов пункта 33.75.

6 Формулировки основного и связанных параграфов зарубежных Норм летной годности

Существующая формулировка п.33.74 НЛГ 33 аналогична формулировке американских требований FAR [3]:

FAR §33.74 Continued rotation.

If any of the engine main rotating systems continue to rotate after the engine is shutdown for any reason while in flight, and if means to prevent that continued rotation are not provided, then any continued rotation during the maximum period of flight, and in the flight conditions expected to occur with that engine inoperative, may not result in any condition described in §33.75(g)(2)(i) through (vi) of this part.

В европейских требованиях EASA пункт записан в CS-E 525 – Continued Rotation [4]. Формулировки несколько отличаются от п.33.74 АП и параграфа 33.74 FAR, и охватывают весь пункт раздела CS-E 510 – Safety Analysis, в отличие от FAR и НЛГ 33, которые ссылаются лишь на отдельные подпункты п. 33.75 «Анализ безопасности»:

CS-E 525 Continued Rotation (See AMC E 525)

If any of the Engine's main rotating systems will continue to rotate after the Engine is shutdown for any reason while in flight, and means to prevent that continued rotation, are not provided, any continued rotation during the maximum period of flight and in the flight conditions expected to occur with that Engine inoperative must not result in effects that would be unacceptable under CS-E 510.

Дополнительно к пунктам норм летной годности выпущены отдельные рекомендательный циркуляр АС 33/74/92-1В [5]. В европейских требованиях EASA указаны «Приемлемые средства соответствия» (Acceptable means of compliance) AMC E 525 [4].

EASA AMC E 525 Continued Rotation [4]

(1) *Продолженное вращение может быть вызвано как режимом авторотации, так и механическим воздействиям, например, таким как заклинивание обгонной муфты в многодвигательном вертолете. Соответствие этим требованиям может быть подтверждено испытаниями или расчетным путем и должно учитывать условия работы двигателя в составе ВС.*

(2) *Режимы работы двигателя после выключения в полете и их*

максимальная продолжительность должны включать рассмотрение всех ожидаемых применений двигателя, например, в составе вертолетов, турбовинтовых, дозвуковых и сверхзвуковых ВС.

(3) Условия, которые должны быть рассмотрены и исследованы, если установлено, что это применимо, должны включать, но не ограничиваются следующим:

- полная потеря масла двигателя;
- дисбаланс ротора в результате потери лопатки и последующее повреждение ротора.

(4) Необходимо рассмотреть длительные периоды продолженного вращения в этих условиях в сочетании с предполагаемыми режимами полета с одним выключенным двигателем, в том числе, где это применимо, на сверхзвуковом режиме и при переходе между сверхзвуковым и дозвуковым режимами полёта.

Условия, накладываемые на границе двигатель-планер в результате неуравновешенности ротора и скорости вращения, связанной с продолженным вращением двигателя после обрыва лопатки и с последующим повреждением ротора, должны определяться заявителем с помощью расчёта (анализа) или испытаний, или обоими способами, как это установлено в CS-E 520 (с) (2), для всех режимов полета, и должны быть представлены в документах, требуемых CS-E 20.

FAR Advisory Circular 33.74/92-1B

Ниже выписаны отдельные пункты рекомендательного циркуляра FAR AC 33.74/92-1B [5], имеющие отношение к подшипникам опор главных роторов авиационных двигателей.

- п. 2.1.3.2. При продолженном вращении могут произойти следующие отказы.
 - а) потеря соосности опоры и ротора за счет:
 - разрушения подшипника;
 - разрушения опоры подшипника;
 - сплавления деталей подшипника и т.д.
 - б) дисбаланса ротора, в том числе за счет потери лопатки вентилятора (или турбины);
 - в) полной или частичной потери подачи масла, снижения расхода или давления масла.
- п.2.1.4.2. При определении времени продолженного вращения необходимо учесть все возможные условия работы двигателя.

- *п.2.1.4.3. Условия работы с одним выключенным двигателем должны включать все режимы работы двигателя (взлет, набор высоты, крейсерский, снижение, посадка). Кроме этого необходимо учесть влияние возможных неисправностей двигателя на частоту вращения при авторотации.*
- *п.2.1.4.4. Необходимо оценить величины дисбаланса в момент начального события (например, при обрыве лопатки) и остаточный дисбаланс, который останется при продолженном вращении.*
- *п.2.1.6.3. Необходимо провести анализ усталости элементов двигателя при авторотации, чтобы показать, что не произойдет усталостного разрушения деталей двигателя, которое привело бы к опасному отказу.*
- *2.1.6.4. Величины нагрузок, действующих на двигатель необходимо определить расчетным путем, или экспериментально: постоянные нагрузки и динамические нагрузки от вибраций. Необходимо определить нагрузки при возникновении начального события и нагрузки, действующие во время продолженного вращения.*

Кроме этого, в требованиях EASA в пункте AMC E 30 (CS-E 30 «Assumptions») применительно к CS-E 525 («Продолженное вращение») указывается необходимость в наличии следующей информации по условиям работы авиационного судна: скорость, время полета и условия окружающей среды.

7 Рекомендации по подтверждению соответствия сертификационным требованиям при испытаниях подшипников на режиме авторотации без подачи масла

При переводе двигателя в режим авторотации вращение ротора низкого давления происходит за счет набегающего потока воздуха на лопатки вентилятора. Ротор высокого давления при этом предположительно не вращается вследствие его загрузки агрегатами, установленными на коробке приводов, привод которой осуществляется от ротора высокого давления. Вследствие этого маслоснасос, приводящийся во вращение от коробки приводов, не работает и масло к подшипникам опор вращающегося ротора низкого давления не поступает.

Подтвердить работоспособность роторных подшипников в условиях продолженного вращения можно путем проведения испытаний двигателя в составе летающей лаборатории, на имитаторе двигателя в составе специальной установки или на подшипниковых стендах.

Имитатор двигателя представляет собой полноразмерную физическую модель трансмиссии и системы смазки двигателя. Конструкция имитатора обеспечивает полную идентичность конфигурации и параметров основных компонентов опор роторных подшипников, а также подшипников и других вращающихся частей вспомогательной приводной системы. В конструкции имитатора должны быть предусмотрены специальные элементы для создания осевых нагрузок на роторные шарикоподшипники, идентичные осевым нагрузкам, действующим на роторные шарикоподшипники реального двигателя.

На подшипниковых стендах проводятся испытания на подтверждение работоспособности наиболее критичного в условиях авторотации подшипника.

Определение длительности авторотации

Согласно требованиям CS-E 525 продолжительность испытаний должна учитывать максимальный период полета, в течение которого может возникнуть авторотация.

Рассмотрим стандартный коммерческий полет ВС из пункта А в пункт В (рисунок 1):

- В случае, если неисправность возникает в первой половине полета (участок А-В), воздушное судно возвращается обратно на базу (А). В этом случае максимальная продолжительность полета в условиях авторотации равна половине продолжительности летного цикла.
- В случае, если неисправность возникает во второй половине полета (участок В-В), воздушному судну разрешается закончить полет до пункта назначения, а затем вернуться на базу А – для проведения работ по устранению неисправности. В этом случае максимальная продолжительность полета в

условиях авторотации составляет полуторакратную (1,5х)
продолжительность летного цикла.

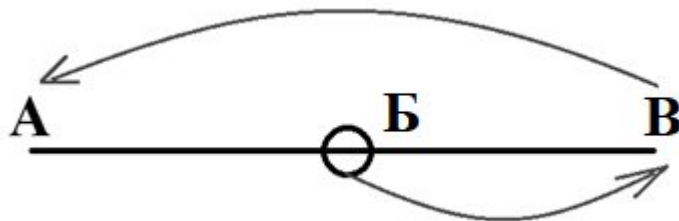


Рисунок 1 – Летный профиль при перелете из точки А в точку Б

Определение режима испытаний подшипников

Согласно циркуляру FAR AC 33.74/92-1B [5], п. 2.1.4.3, необходимо рассмотреть все режимы работы двигателя: взлет, набор высоты, крейсерский, снижение, посадка, при которых двигатель может быть переведен на режим авторотации. Кроме этого необходимо предусмотреть влияние возможных поломок двигателя на частоту вращения при авторотации. Из полетного цикла выбирается режим с наибольшими частотами вращения двигателя.

Необходимо учесть случаи использования противообледенительной системы, вспомогательной установки, полета ВС на высоте ниже расчетной (например, при разгерметизации самолета или выход из строя системы кондиционирования), дополнительное время на заход с уходом на второй круг и с последующим заходом и посадкой.

Дополнительно необходимо рассмотреть случай работы подшипников при наличии дисбаланса, возникающего при обрыве лопасти вентилятора или другого повреждения.

Если при перечисленных случаях подшипники работают на режимах с более высокими нагрузками и частотой вращения, необходимо учесть это при выборе условий испытаний подшипников.

При возникновении неисправности пилот может попытаться, в зависимости от причины неисправности, выполнить повторный запуск двигателя. При этом происходит снижение оборотов двигателя (рисунок 2).

Если двигатель перезапустить не удалось, пилот принимает решение продолжить полёт на одном двигателе. При этом неработающий двигатель переводится на режим авторотации.

Таким образом, режим перевода двигателя на режим авторотации состоит из двух фаз (рисунок 2):

- 1) Перезапуск двигателя – одни условия работы, короткое время испытаний;

- 2) Полет при авторотации – другие условия работы, основное время испытаний, равное 1,5 максимальной продолжительности полета.

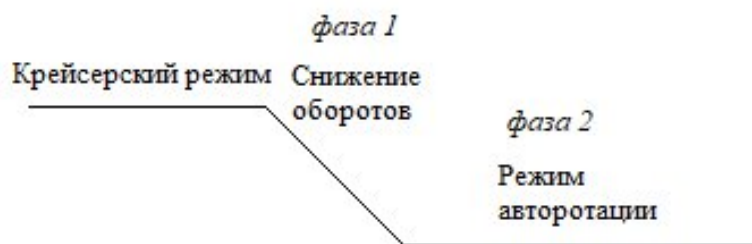


Рисунок 2 – Режим работы двигателя при переводе на режим авторотации

Определение нагрузок, действующих на подшипники

Нагрузка, действующая на подшипник на режиме авторотации, состоит из следующих составляющих:

- Статическая радиальная нагрузка от веса ротора, статическая осевая нагрузка от набегающего потока (для шариковых подшипников);
- Динамическая радиальная нагрузка от штатного дисбаланса;
- Динамическая нагрузка от дисбаланса вследствие обрыва лопатки вентилятора;
- Нагрузка, вызванная установкой подшипника с гарантированным преднатягом (с отрицательным внутренним радиальным зазором).

Некоторые подшипники авиационных двигателей устанавливаются в опору с гарантированным преднатягом, чтобы на режимах работы двигателя в подшипнике имел место гарантированный зазор (рисунок 3). Зазор появляется за счет неравномерного нагрева колец и действия центробежных сил на элементы подшипника. Для подшипника, изменение внутреннего зазора которого представлено на рисунке 3, испытания на режимах авторотации необходимо проводить с наличием преднатяга в подшипнике.

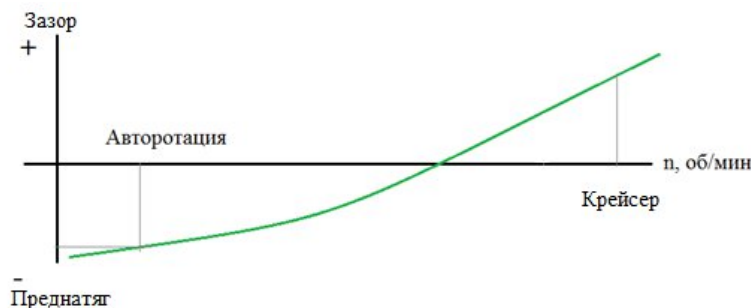


Рисунок 3 – Пример изменения внутреннего радиального зазора в подшипнике: от преднатяга при малых частотах вращения до гарантированного радиального зазора на крейсерском режиме

Обоснование выбора подшипника для испытания

С целью сокращения объема испытаний целесообразно подтвердить соответствие требованиям п.33.74 одного, наиболее критичного подшипника.

Особенностью работы подшипника на режиме авторотации является отсутствие подачи масла к подшипнику. С одной стороны, критичным подшипником может считаться наиболее нагруженный подшипник, в котором имеют место наибольшие контактные напряжения (P , МПа) на режиме авторотации. Высокие контактные напряжения в условиях отсутствия подачи масла повышают риск износа и разрушения поверхности дорожек качения. Если подшипник собирается с преднатягом, при расчете контактных напряжений необходимо учитывать усилие от натяга подшипника на режиме авторотации (см. рисунок 3).

С другой стороны, при отсутствии должного охлаждения, подшипник начинает работать в условиях теплового распора, что может привести к его заклиниванию. По этой причине необходимо выбирать наиболее теплонапряженный подшипник. Количество теплоты, генерируемое в самом подшипнике, зависит от условий его работы: частоты вращения, осевой и радиальной нагрузок.

По этой причине выбор наиболее критичного подшипника необходимо осуществлять и обосновывать для каждого отдельного двигателя с учетом места расположения опор и условий работы подшипников: частота вращения, радиальная и осевая нагрузки, размеры подшипника.

Для выбора наиболее критичного подшипника рекомендуется использовать комплексный параметр критичности подшипника « $P \cdot d_{mn}$ », где P – максимальные контактные напряжения, МПа, d_{mn} – параметр быстроходности, $\text{мм} \cdot \text{мин}^{-1}$, равный произведению среднего диаметра на частоту вращения.

Параметр критичности подшипника необходимо оценить для подшипников опор роторов и ответственных агрегатов для двух фаз работы подшипников: первая фаза – переход с крейсерского режима на режим авторотации, имитация попытки повторного запуска двигателя; вторая фаза – продолженное вращение на режиме авторотации.

Требования к оборудованию

Испытательная установка должны быть аттестована в установленном порядке. Средства измерений должны быть поверены. В процессе испытаний необходимо проводить измерение следующих параметров:

- частота вращения ротора;
- нагрузки на подшипник;

- температура подшипника;
- температура масла на входе и на выходе из подшипника (до прекращения подачи);
- температуры технологических (вспомогательных) подшипников;
- давление масла на входе;
- уровень вибрации;
- крутящий момент на валу подшипника.

Ротор станда должен быть отбалансирован в соответствии с требованиями к месту расположения подшипника в составе двигателя.

При проведении измерений размеров деталей подшипника до и после испытаний необходимо отметить температуру и влажность при проведении измерений.

Сборка, монтаж и демонтаж подшипника должны проводиться в соответствии с установленными разработчиком двигателя правилами. Все места, которые требуют осмотра или регулировки после монтажа, должны иметь простой доступ для проведения всех необходимых операций.

Испытательный стенд должен быть оснащен системой обнаружения дефекта подшипника: датчик вибрации, термopара, магнитная пробка.

Контроль вибрационного состояния осуществлять по вибродатчикам. Рекомендуется использовать два радиальных и один осевой вибродатчики. Датчики должны быть расположены как можно ближе к испытуемому подшипнику.

Марка масла, уровень фильтрации, температура и расход (до прекращения подачи масла) должны соответствовать эксплуатационным.

Масляная полость испытуемого подшипника должна быть отделена от масляных полостей вспомогательных технологических подшипников. Должны быть предусмотрены мероприятия для предотвращения попадания масла технологических подшипников в полость испытуемого подшипника.

Требования к хранению подшипника и оснастки до и после испытаний определяются заказчиком.

Порядок проведения испытаний

Испытания подшипников начинаются при выбранных условиях работы двигателя. Частота вращения, нагрузки, расход масла должны соответствовать эксплуатационным. После стабилизации температуры подшипника и масла на выходе из подшипника подача масла к подшипнику прекращается. Подшипник испытывается в течение заданного времени авторотации.

В качестве примера на рисунке 4 представлена Циклограмма испытаний подшипника при продолженном вращении. Фаза 1 соответствует режиму перехода с рабочего режима на режим авторотации. При испытаниях на фазе 1 к подшипнику поступает масло в объеме, соответствующим расходу на режиме. При переходе к фазе 2 производится прекращение подачи масла к подшипнику.

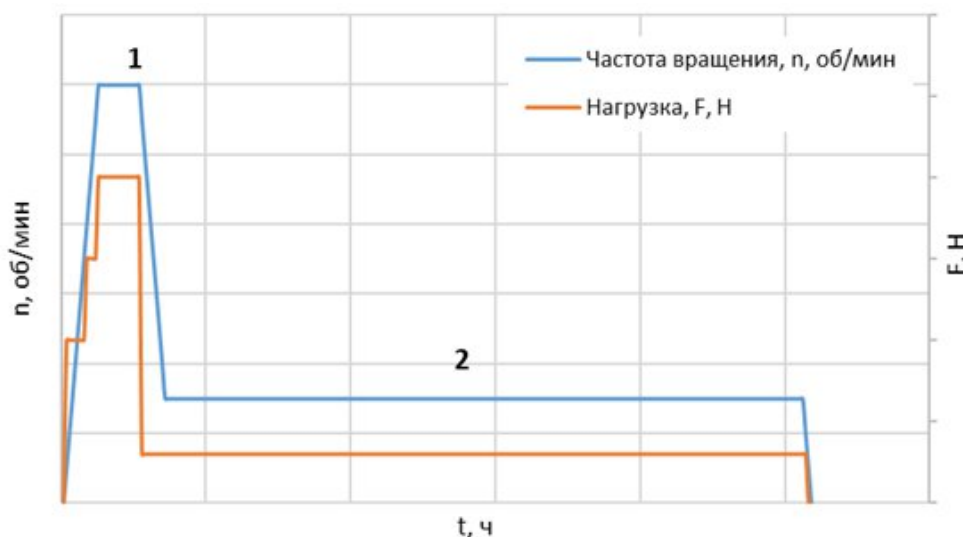


Рисунок 4 – Циклограмма испытаний подшипника.

Остановка испытаний

Рекомендуется использовать следующие критерии остановки испытаний:

- повышение температуры наружного кольца подшипника выше 220 °С;
- повышение температуры наружного кольца подшипника более чем на 20°С относительно установившейся температуры после прекращения подачи масла;
- повышение температуры технологических подшипников более чем на 30°С относительно установившейся температуры после прекращения подачи масла;
- увеличения уровня вибраций более чем на 20%;
- обнаружение металлических частиц на магнитной пробке.

При обнаружении металлических частиц выполнить отбор и анализ проб масла на соответствие стандартам и спецификациям, классу чистоты и содержанию металлов. По результатам анализа принять решение о выполнении дополнительных осмотров, проверок, продолжении или прекращении испытания.

Критерии зачетности

При продолженном вращении без подачи масла не должно произойти опасного отказа двигателя по причине потери функциональной способности подшипника (в первую очередь, за счет разогрева подшипника). Поэтому условиями успешных испытаний

подшипников, работающих на режиме авторотации, являются:

- свободное вращения вала от руки;
- сохранение радиального зазора подшипника в допускаемых пределах.

Максимально допустимое значение внутреннего зазора в подшипнике после проведения испытаний выбирается из условия, что увеличение зазора на указанную величину не приведет к возникновению контакта роторных и статорных частей двигателя, или двух роторов между собой.

После разборки узла испытаний провести дефектацию подшипника. По результатам испытаний и дефектации выпустить технический отчет.

Отчетность

1. Техническая справка с обоснованием выбора критического подшипника.
2. Программа испытаний.
3. Отчёт по результатам испытаний подшипника в условиях продолженного вращения, содержащий:
 - обоснование выбора подшипника для испытаний;
 - копию паспорта на испытуемый подшипник;
 - копию аттестата на испытательный стенд;
 - метрологическое обеспечение стенда;
 - протокол испытаний;
 - результаты контроля подшипника перед и после проведения испытаний;
 - изменение контролируемых параметров в ходе испытаний.