

ООО «Инновация»

«Утверждаю»
Генеральный директор
ООО «Инновация»

Королева А.А.



**Программа и методика проведения испытаний опытных образцов
энергосберегающего опорного подшипника скольжения
на масляной подушке**

(Разработана в соответствии с требованиями ГОСТ 19.301-79 «Единая система
программной документации. Программа и методика испытаний. Требования к содержа-
нию и оформлению»)

Разработал: д.т.н., проф.

Королев А.В.

Саратов 2022г.

1. Объект испытаний

- 1.1 Опытный образец опорного подшипника скольжения на масляной подушке.
- 1.2 Область применения: Верхняя опора передней подвески легковых автомобилей семейства ВАЗ – Лада Приора, Лада Калина, Лада Гранта, Лада Ларгус, Лада Веста и другие.
- 1.3 Обозначение: 1118-2902840МП.

2. Цель испытаний:

Определение соответствия опорного подшипника скольжения на масляной подушке техническим требованиям технического задания на выполнение НИОКР.

3. Требования к программе

В соответствии с техническим заданием на выполнение НИОКР опытные образцы опорных подшипников скольжения на масляной подушке (далее ОП) должны быть подвергнуты следующей программе испытаний:

1. Испытание на соответствие ОП основным техническим параметрам, определяющим его функциональные, количественные (числовые) и качественные характеристики, в том числе:

1.1. Функциям, выполнение которых должен обеспечивать ОП: легкое и плавное вращение; восприятие осевой и радиальной нагрузки на подшипник; надежность работы в условиях вибрации и ударной нагрузки; надежная защита от воздействия влаги и загрязнений; высокий ресурс работы.

1.2. Количественным параметрам, определяющим выполнение ОП своих функций

1.3. Входным воздействиям, необходимым для выполнения ОП заданных функций

1.4. Выходным реакциям, обеспечиваемым ОП в результате выполнения своих функций.

2. Испытания на соответствие конструктивным требованиям к ОП, в том числе:.

2.1. Требованиям к конструкции и составным частям ОП;

2.2. Требованиям к массогабаритным характеристикам ОП;

2.3. Требованиям к виду исполнения, товарной форме ОП;

2.4. Требования к мощностным характеристикам ОП;

2.5. Требования к условиям эксплуатации ОП.

4. Средства и порядок испытаний

Так как все показатели выполнения требований технического задания (ТЗ) в той или иной степени связаны с количественными данными ОП, то испытания начинаются со стендовых испытаний, позволяющих определить количественные параметры, определяющим выполнение ОП своих функций (п. 4.1.2 ТЗ).

Для проведения испытаний привлекается лабораторная база Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А. в составе:

- Стенд для испытания статической грузоподъемности подшипников;
- Стенд для испытания момента сопротивления вращению подшипников;
- Стенд для испытания подшипников на ударную нагрузку;
- Стенд для испытания на степень загрязнения подшипника;
- Стенд для ресурсных испытаний подшипников;
- Стенд для испытания стойкости подшипников к вибрациям.

В таком же порядке должны осуществляться стендовые испытания опорного подшипника.

После определения количественных показателей осуществляются последовательно испытания на соответствие ОП пунктам ТЗ: 4.1.1; 4.1.2-4.1.4 и пунктам 4.2.1-4.2.7. Технические средства для проведения этих испытаний не требуются

5. Методы испытаний

5.1 Методика стендовых испытаний ОП на соответствие количественных параметров, определяющих выполнение им своих функций, требованиям п. 4.1.2 ТЗ.

5.1.1 Методика испытания статической грузоподъемности.

Испытание осуществляют путем определения внешней статической нагрузки на подшипник, при которой на его рабочих поверхностях остаются следы от разрушения или при которой высота подшипника уменьшилась до величины, ниже допустимой.

Нагрузку на подшипник обеспечивают гидравлическим прессом, который может развивать усилие до 500000 Н. Предварительно проводят тарировку усилия прессы, которая устанавливает соответствие показания манометра прессы и фактической нагрузки. Тарирование осуществляют с помощью динамометра, который устанавливается на место подшипника.

Испытанию подвергают подшипники в количестве 6 штук. Испытываемый подшипник устанавливают на оправке, закрепленной на станине прессы нижним кожухом вверх с базированием по отверстию и торцу верхнего кожуха. Оправка придает наклон оси подшипника под углом 7 градусов к направлению действия нагрузки. Сверху нижнего кожуха устанавливают пластину с базированием по наружному диаметру верхнего кожуха. В пластине изготавливают отверстие, в которое устанавливают шарик, воспринимающий нагрузку от штока прессы. Отверстие в пластине выполнено так, что направление силы, действующей от прессы через шарик, пересекается с осью подшипника в центре его симметрии.

Испытание осуществляют следующим образом. На оправку устанавливают испытываемый подшипник, на который сверху накладывают пластину и шарик. В гидросистеме прессы устанавливают давление, соответствующее нагрузке 10000 Н. Включают пресс и подводят шток к испытываемому подшипнику, который воздействует на него через шарик. Выдерживают нагрузку 30 сек. и отводят шток от подшипника. Подшипник снимают со стола. На его место устанавливают динамометр, к нему подводят шток прессы для уточнения фактической нагрузки. Замеряют высоту подшипника. Если она находится в допустимых значениях, то подшипник разбирают и визуально устанавливают наличие следов разрушения.

Если высота подшипника находится в допустимых пределах, а следов разрушения не обнаружено, то давление в гидросистеме прессы увеличивают так, чтобы нагрузка на подшипник возросла на 2500 Н. Испытываемый подшипник вновь устанавливают на станину прессы и вновь подвергают испытанию с увеличенной нагрузкой. После испытания с помощью динамометра вновь уточняют фактическое значение нагрузки.

Если после данного испытания высота подшипника остается в допустимых пределах и следы разрушения вновь отсутствуют, то испытания продолжают с увеличением каждый раз нагрузки на 2500Н. Если высота подшипника уменьшилась на недопустимую величину или если появляются следы разрушения подшипника, то испытание данного подшипника прекращают, а за статическую грузоподъемность испытываемого подшипника принимают нагрузку, предшествующую последнему значению нагрузки.

После испытания всех 6 подшипников подсчитывают среднее значение статической грузоподъемности и максимальную разницу в значениях грузоподъемности у всех испытываемых подшипников. Если максимальная разница в значениях грузоподъемности не превышает 10% от средней, то результаты испытаний признаются действительными, а за статическую грузоподъемности испытываемой партии подшипников принимается минимальное из замеренных значений.

Если максимальная разница в значениях грузоподъемности превышает 10% от средней, то результаты испытаний признаются не действительными. Выясняется причина повышенного разброса значений статической грузоподъемности у подшипников и после ее устранения испытания повторяют.

5.1. 2. Методика испытания момента сопротивления вращению

С целью испытания подшипников на момент сопротивления вращению используется установка, созданная на базе вертикально-сверлильного станка 2Н125 (рис.1). На станине 1 в стакане 3 и в подшипниках качения 2 закреплена оправка 4. На оправку 4 устанавливается испытываемый подшипник 5 верхним кожухом вниз.

Подшипник базируется на оправке 4 отверстием и торцем верхнего кожуха. Сверху на нижний кожух устанавливается пластина 6. Нагрузка на подшипник передается от шпинделя станка 8 через шарик 7, установленный в пластине 6.

В процессе измерения испытываемый подшипник 5 устанавливают на оправку 4 и с помощью пластины 6, шарика 7 и шпинделя 8 нагружают силой P . Нагрузка на шпиндель 8 передается от рукоятки подачи станка, на которую навешивается ключ моментный динамометрический ОТП.011-420.000ПС.

Измерение момента сопротивления вращению подшипника производится с помощью моментомера DB6N4 TONN1CH1 производства Японии (не показан), который жестко связан с пластиной 6. Предварительно осуществляют тарировку воздействия силы P на подшипник 5.

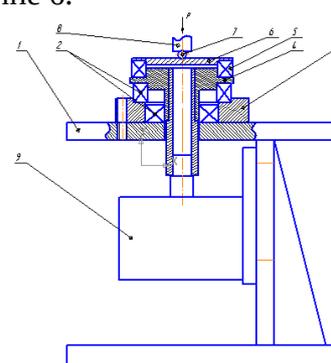


Рис. 1- Схема установки для измерения момента сопротивления вращению подшипника

Для этого на место приспособления устанавливают динамометр типа ДОРМ-0,3. К нему с помощью рукоятки подачи станка подводят шпиндель станка 8. На рукоятке подачи закрепляют ключ моментный динамометрический ОТП.011-420.000ПС. Изменение величины нагружающего момента приводит к изменению силы P , значение которой фиксируют динамометром. Измерения проводят в прямом и обратном направлении. Как правило, зависимость показания динамометра от показания динамометрического ключа имеет линейный вид.

В качестве примера на рис. 2 приведен один из таких тарировочных графиков.

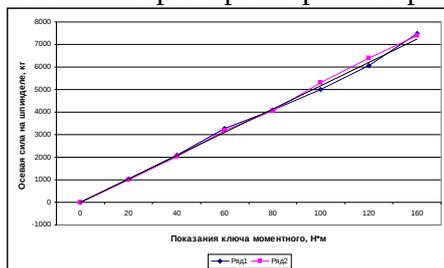


Рис. 2 -Тарировочный график зависимости осевой силы P на шпинделе станка от момента силы, приложенной к рукоятке подачи шпинделя станка

Как видно, во всем диапазоне измерений сила P связана с моментом M зависимостью

$$P = 5,1 \cdot M,$$

где M - момент силы, приложенной к рукоятке подачи станка, $H \cdot m$; P - осевая сила на шпинделе станка, H .

В процессе испытания пластину 6 с моментомером поворачивают на угол 37 градусов в прямом и обратном направлениях под нагрузкой 3420 ± 85 Н.

Стрелка моментомера фиксирует момент трогания подшипника, а среднее значение момента сопротивления качению в процессе поворота подшипника определяется как средняя величина между максимальным и минимальным значениями. На показания прибора оказывает влияние не только трение в подшипнике, но и трение шарика 7, установленного в пластине 6, о торец шпинделя станка. Чтобы величина трения шарика о торец шпинделя станка была пренебрежимо мала, торец шпинделя должен быть плоским, что обеспечивает точечное касание с ним шарика.

Тестированию подвергаются 10 подшипников. За момент сопротивления вращению подшипника принимается максимальное значение из 10 измерений. Если момент сопротивления вращению подшипника оказывается ниже допустимой величины, равной $3 H \cdot m$, то данный тест испытания признается положительным.

Затраты энергии при вращении подшипника на один его ход на угол 37° под нагрузкой 3420 ± 85 Н определяется по формуле: $E = \pi \cdot 37 \cdot M / 180 = 0,646 \cdot M$ Дж, где M – момент сопротивления вращению подшипника, $H \cdot m$.

5.1.3. Методика испытания сопротивления ударной нагрузке

Схема установки для испытания опорного подшипника скольжения на масляной подушке на сопротивление ударной нагрузке приведена на рис. 3. Установка состоит из основания 5, на которое устанавливается испытываемый подшипник 3, цилиндрического груза 1 массой 23 кг., консольной штанги (не показана), на которой закрепляется груз, и цилиндрической колонны 2, на которой консольная штанга может устанавливаться на разной высоте от испытываемого подшипника.

Для равномерного распределения нагрузки на испытываемый подшипник 3 сверху устанавливается крышка 4 с шариком, расположенным на ее оси. Расстояние между исходным положением груза, закрепленным на консольной колонне, и испытываемым подшипником замеряется линейкой, неподвижно закрепленной на штанге (не показана). Груз поднимается на консольную штангу вручную с помощью блока роликов и веревки. Фиксация груза на консольной штанге осуществляется специальным подпружиненным крючком.

Работа устройства осуществляется следующим образом. Перед испытанием на удар замеряется момент сопротивления вращению подшипника.

Груз 1 с помощью веревки и блока роликов поднимается вверх и с помощью специального подпружиненного крючка закрепляется на консольной штанге. Предварительно с помощью линейки штанга устанавливается на нужном расстоянии от тестируемого подшипника 1. На основание установки устанавливается испытываемый подшипник 1, на который накладывается крышка 4, в центре которой установлен шарик. Спускается подпружиненный крючок, удерживающий груз 1, и он падает с установленной высоты на шарик, расположенный на крышке 4. Через крышку удар передается тестируемому подшипнику 1.

После удара груз 1 с помощью веревки и блока роликов возвращается на консольную штангу и закрепляется подпружиненным крючком. Подшипник 1 разбирается и осматривается.

Испытания заключается в определении критической высоты падения груза, при которой на рабочих поверхностях дорожках скольжения начинают появляться следы от удара или при которой начинает изменяться момент сопротивления вращению подшипника. Сначала подшипник подвергается удару с высоты 100 мм. После этого подшипник разбирается. Если на рабочих поверхностях отсутствуют следы от удара, а момент сопротивления вращению не изменяется, то подшипник снова собирается и опыт повторяется с увеличением высоты падения молота на 25 мм. Так осуществляется до тех пор, пока на рабочих поверхностях появляются следы удара, либо повышается момент сопротивления вращению подшипника более, чем на 5%. За расчетную высоту сопротивления удару принимается высота, предшествующая той, при которой на подшипнике появлялись следы удара или увеличивается момент сопротивления вращению на указанную величину.

Тестированию подвергаются 10 опытных образцов подшипника. За критическую высоту падения груза принимается минимальное значение из 10 измерений.

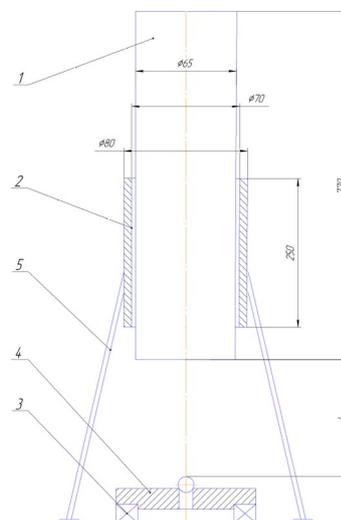


Рис. 3 - Схема установки для испытания подшипника на сопротивление ударной нагрузке

5.1.4 Методика испытания сопротивления загрязнению

Для осуществления испытания подшипник собирают с опорой передней стойки автомобиля ВАЗ «Калина» и металлическим стаканом. Собранный узел помещают в закрытый сверху пластмассовый корпус. Подшипник нагружают осевой силой величиной 5000Н. После этого ему сообщают качательное движение на угол $\pm 37^\circ$. Загрязненная жидкость в виде 10% раствора соляной кислоты под давлением 1 атм. подается в зону лабиринтного уплотнения верхнего и нижнего колец подшипника. Время работы подшипника составляет 8 часов.

После окончания испытания подачу жидкости прекращают, качательное движение подшипника выключают. Для устранения возможности попадания жидкости во внутрь подшипника во время его разборки остатки жидкости, находящейся на собранном узле подшипника, сдувают сжатым воздухом. Затем нагрузку на подшипник снимают и подшипниковый узел извлекают из испытательного устройства. Замеряют момент сопротивления вращению. Далее подшипник разбирают и осуществляют осмотр его рабочих поверхностей. Тест считался положительным, если момент сопротивления вращению подшипника после испытания не изменялся, а в его рабочей зоне отсутствовала влага и загрязнения.

5.1.5 Методика ресурсных испытаний

Условия ресурсных испытаний приближены к условиям работы подшипника в узле автомобиля. Стенд предусматривает возможность регулировать нагрузку на испытываемые подшипники с точностью $\pm 100 \text{ Н}$. Качательные движения испытываемым подшипникам сообщаются от асинхронного двигателя, червячного редуктора и кривошипный механизм с частотой качаний $2,5 \pm 0,05 \text{ Гц}$. Стенд имеет автоматическую систему отключения вращения двигателя при повышении температуры испытываемых подшипников выше 37° С и при достижении требуемого числа циклов качательных движений.

Перед испытаниями подшипники подвергаются внешнему осмотру и измерениям. Тщательно осматриваются все детали подшипника и в случае обнаружения дефектов, выясняется причина их появления и принимаются меры к их устранению. Замеру подвергаются размеры подшипника и момент сопротивления вращению. Результаты измерения заносятся в таблицу.

На стенде устанавливается и испытывается одновременно 2 подшипника. Нагрузка на подшипники в процессе испытаний составляет $4900 \text{ Н} + 200 \text{ Н}$, угол качания составляет 37° , число двойных ходов составляет $2,5 \pm 0,05 \text{ Гц}$. Испытания прекращаются при достижении 2250 тыс. циклов, либо при превышении допустимой температуры нагрева подшипников.

После снятия со стенда вновь выполняют внешний осмотр подшипников, замеряют посадочные размеры и момент сопротивления вращению подшипников. Затем подшипники разбирают. Внешнему осмотру подвергаются рабочие поверхности подшипников, определяется наличие и состояние смазки.

По результатам испытания делается заключение о соответствии испытываемых подшипников техническим требованиям. Результаты испытания считаются положительными, если подшипник не имеет видимых повреждений, его момент сопротивления вращению находится в допустимых значениях ($M \leq 3 \text{ Н*м}$), а в процессе испытания его температура не превышала 37° С .

5.1. 6 Методика испытания устойчивости к вибрациям

Схема стенда для испытания опытного образца опорного подшипника скольжения на масляной подушке на устойчивость к вибрациям приведена на рис. 4.

Установка смонтирована на вертикально-сверлильном станке 2Н125. На столе станка (не показан) смонтирован источник колебаний. В качестве источника колебаний используется вибростол, состоящий из основания 1, электромагнитного преобразователя 2, наклонных плоских пружин 3 и якоря 4. На якоре 4 электромагнитного преобразователя закреплена оправка 5, на которую установлен испытываемый подшипник 6. Сверху подшипника 6 установлена чаша 7, на которую воздействует шпindelь станка 8.

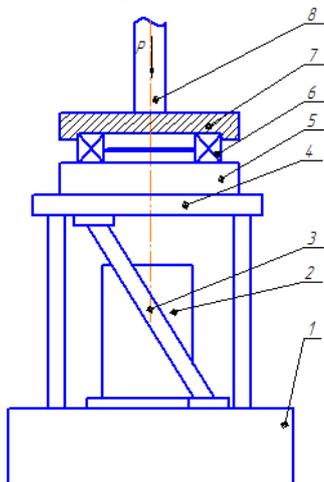


Рис. 5 - Схема установки для испытания подшипников на устойчивость к вибрациям

Нагрузка P на подшипник 5 передается от рукоятки подачи станка, к которой прикреплен ручной динамометр.

Работа устройства осуществляется следующим образом. После установки испытываемого подшипника 6 на оправку 4 и наложения на него чаши 7 на испытываемый подшипник с помощью шпинделя станка 8 накладывается нагрузка P . Затем включается электромагнитный преобразователь 2, который вызывает колебания испытываемого подшипника 6 с. Режим испытаний устанавливался в соответствии с ГОСТ IEC 60068-2-57-2016 "Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на вибрацию в форме акселерограммы и импульсов биений".

Нагрузка P составляет 5000Н, частота колебаний – 50 Гц., амплитуда колебаний составляет 1 мм. Время испытаний - 16 часов.

После испытания подшипник разбирают и осматривают его рабочие поверхности. Если на рабочих поверхностях подшипника не обнаруживают следы деформации и разрушения, то принимается решение о том, что подшипник выдержал испытание на сопротивление вибрационной нагрузке.

Результаты испытаний опорного подшипника скольжения на масляной подушке оформляются в виде Протокола испытаний.

Испытания на устойчивость опорного подшипника скольжения на масляной подушке к вибрациям, к ударной нагрузке и к статической нагрузке осуществляют совместно с шариковыми подшипниками.

5.2 Методика испытания ОП на соответствие функций, выполнение которых он должен обеспечивать, пункту 4.1.1 ТЗ.

Методика этих испытаний заключается в анализе соответствующих разделов Протокола испытания опытных образцов опорного подшипника на масляной подушке (далее Протокол) (п. 6.1) и отчета по выполнению НИОКР (далее Отчет) (раздел 3) пункту 4.1.1 ТЗ. Результаты испытаний должны быть сведены в таблицу.

5.3. Методика испытания ОП на соответствие входных воздействий, необходимых для выполнения им заданных функций, пункту 4.1.3 ТЗ.

Методика испытания заключается в анализе соответствия п. 6,1 Протокола, п.п. 1.1 и 1.3. Отчета и конструкторской документации (далее КД) (приложения к Отчету) пункту 4.1.3 ТЗ.

Результаты испытаний должны быть сведены в таблицу.

5.4. Методика испытания ОП на соответствие выходных реакций, обеспечиваемых им в результате выполнения своих функций, пункту 4.1.4 ТЗ.

Методика испытания заключается в анализе соответствия п. 6.1 Протокола, п.п. 1.1. 1.2 и 1.3. Отчета и КД. пункту 4.1.4 ТЗ.

Результаты испытаний должны быть сведены в таблицу.

5.5. Методика испытания ОП на соответствие конструкции и его составных частей требованиям пункта 4.2.1 ТЗ.

Методика испытания заключается в анализе соответствия п. 6.1 Протокола, п.п. 1.1. и 1.3. Отчета и КД пункту 4.2.1 ТЗ.

Результаты испытаний должны быть сведены в таблицу.

5.6. Методика испытания соответствия массогабаритных характеристик ОП требованиям пункта 4.2.2 ТЗ.

Методика испытания заключается в анализе соответствия п. 6.1 Протокола, п.п. 1.1., 3.1-3.9 Отчета и КД пункту 4.2.2 ТЗ.

Результаты испытаний должны быть сведены в таблицу.

5.7. Методика испытания ОП на соответствие вида его исполнения и товарной формы требованиям пункта 4.2.3 ТЗ.

Методика испытания заключается в анализе соответствия КД пункту 4.2.3 ТЗ.

Результаты испытаний должны быть сведены в таблицу.

5.8. Методика испытания ОП на соответствие его мощностных характеристик и потребляемой энергии требованиям пункта 4.2.4 ТЗ.

Методика испытания заключается в анализе соответствия п. 6.1 Протокола, п. 3.3 Отчета и КД пункту 4.2.4 ТЗ.

Результаты испытаний должны быть сведены в таблицу.

5.9. Испытание ОП на соответствие условий его эксплуатации требованиям пункта 4.2.7 ТЗ.

Методика испытания заключается в анализе соответствия п. 6.1 Протокола, п. 3.2, 3.6-3.9 Отчета и КД пункту 4.2.7 ТЗ.

Результаты испытаний должны быть сведены в таблицу.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Протокол испытания опытных образцов опорных подшипников на масляной подушке

Утверждаю
Генеральный директор ООО «Иновация»



Королева А.А.

20 ноября 2022г

ПРОТОКОЛ

Испытания опытных образцов опорных подшипников на масляной подушке

1. Объект экспериментальных исследований: Опорный подшипник скольжения на масляной подушке в количестве 64 шт.

2. Цель испытания: Определение соответствия опорного подшипника скольжения на масляной подушке требованиям технического задания на выполнение НИОКР.

4. Дата начала и окончания испытаний: 14.03. 2022 г.-15.11.2022г

5. Место проведения экспериментальных исследований:
СГТУ имени Гагарина Ю.А.

6. Испытания опорного подшипника скольжения на масляной подушке (ОП) на соответствие его основных технических параметров, определяющих его функциональные, количественные (числовые) и качественные характеристики, и конструктивных требований техническому заданию (ТЗ).

В основу испытаний положена «Программа и методика проведения испытаний опытных образцов энергосберегающего опорного подшипника скольжения на масляной подушке» от 15.01.2022г (далее ПиМ) – Приложение к отчету

6.1. Испытания ОП на соответствие количественных параметров, определяющих выполнение им своих функций, требованиям пункта 4.1.2 ТЗ.

В основу этого вида испытаний положена методика, изложенная в п. 5.1 ПиМ.

Средства проведения испытаний и требования технического задания (ТЗ) к условиям испытаний

Наименование, тип и марка	Методика испытаний	Условия испытаний в соответствии с ТЗ
Стенд для испытания на статическую грузоподъемность	ПиМ п. 5.1.1	$\leq 12000\text{H}$
Стенд для испытания момента сопротивления вращению подшипников	ПиМ п. 5.1.2	Нагрузка осевая $P=3420+150\text{H}$
Стент для испытания подшипников на ударную нагрузку	ПиМ п. 5.1.3	Масса груза $G=20\text{кг.}$, высота $h=1\text{ м.}$
Стенд для испытания на степень загрязнения	ПиМ п.5.1.4	Нагрузка осевая $P=3420+80\text{H}$; $\alpha= \pm 37^\circ\text{№}$ $n=1000\text{ дв.кач.}$
Стенд для ресурсных испытаний подшипников	ПиМ п. 5.1.5	Нагрузка осевая $P= 4900\text{H}+200\text{H}$; $\alpha= \pm 37^\circ\text{№}$ $n\geq 2,5\text{ млн. дв.кач.}$

Стенд для испытания на стойкость к вибрациям	ПиМ п. 5.1.6	Осевая нагрузка P=5000 Н; частота колебаний f=50 Гц., ампл. a=1 мм.; время t=16 ч.
--	--------------	--

Результаты стендовых испытаний опорных подшипников скольжения на масляной подушке

Показатель	Требования ТЗ	Фактические значения параметров	Результат
Статическая грузоподъемность	Должна быть ≥ 12000 Н	23000 Н	Соответствует требованиям ТЗ
Момент сопротивления вращению подшипников	Не должен превышать 3 Н·м	2,45±0,15 Н*м	Соответствует требованиям ТЗ
Затраты энергии на трение*	Не должны превышать 3 Дж	1,62 Дж	Соответствует требованиям ТЗ
Сопротивление ударной нагрузке	Требуется выдержать удар груза массой 20 кг. При падении с высоты с высоты 1 м.	100% ОП выдержали удар груза массой 20 кг. при его падении с высоты 1 м	Соответствует требованиям ТЗ
Сопротивление загрязнению	Отсутствие влаги, загрязнений, разрушений	Отсутствие влаги, загрязнений, разрушений	Соответствует требованиям ТЗ
Ресурс работы	Требуется выдержать 2,5 млн. циклов нагружений	Выдержали 2,5 млн. циклов нагружений и сохранили работоспособность	Соответствует требованиям ТЗ
Сопротивление вибрациям	Надежность работы в условиях вибраций	Все испытываемые подшипники после испытания не имеют каких-либо изменений	Соответствует требованиям ТЗ

*Затраты энергии на осуществление поворота опорного подшипника скольжения на угол $\alpha=0,645$ рад. (37°) определялись по формуле: $e=\alpha \cdot M$, где M- момент трения, Н·м.

Результаты сравнительных испытаний подшипников предлагаемой конструкции (ПС) и фирм SKF (Швеция) и ООО «Рефмашпром» (РМП) Фирма

Показатели	SKF	РМП	ПС
Доля подшипников, выдержавших испытание на виброустойчивость, %	0	0	100
Сопротивление ударной нагрузке при падении груза массой 20 кг с высоты 1 м	Испытание не выдержал-появилась	Испытание выдержал	Испытание выдержал

	пластическая деформация в местах расположения шариков		
Статическая грузоподъемность-среднее значение	17500	26000	22000

ВЫВОДЫ: 1. Все испытываемые опорные подшипники на масляной подушке по количественным значениям технических параметров соответствуют техническому заданию.

2. Опорные подшипник предложенной конструкции превосходят испытанные шариковые подшипник по статической грузоподъемности, по сопротивлению ударной нагрузке и по виброустойчивости.

6.2. Испытание ОП на соответствие функций, выполнение которых он должен обеспечивать, требованию пункта 4.1.1 ТЗ.

Испытание проведено в соответствии с методикой, изложенной в п. 5.2 ПиМ.

№ пункта ТЗ	Наименование показателей	Фактическое значение показателей	Результаты испытаний
4.1.1	Легкое и плавное вращение	Момент вращения $2,45 \pm 0,15$ Н*м	Соответствует требованиям ТЗ
4.1.1	Восприятие осевой и радиальной нагрузки на подшипник	Статическая грузоподъемность под углом 70° составляет 23000 Н	Соответствует требованиям ТЗ
4.1.1	Надежность работы в условиях вибрации и ударной нагрузки	Все испытываемые подшипники выдержали испытание на удар и вибрацию	Соответствует требованиям ТЗ
4.1.1	Надежная защита от воздействия влаги и загрязнений	ОП выдержал испытания в агрессивной среде в течение 16 часов.	Соответствует требованиям ТЗ
4.1.1	Высокий ресурс работы	ОП выдержал 2,5 млн. качательных движений под рабочей нагрузкой.	Соответствует требованиям ТЗ

6.3. Испытание ОП на соответствие входных воздействий, необходимых для выполнения им заданных функций, требованиям пункта 4.1.3 ТЗ.

Испытание проведено в соответствии с методикой, изложенной в п. 5.3. ПиМ.

№ пункта ТЗ	Наименование показателей	Фактическое значение показателей	Результаты испытаний
4.1.3	Верхнее и нижнее кольца подшипника должны быть выполнены из прочного стеклонаполненного	Верхнее и нижнее кольца подшипника выполнены из прочного стеклонаполненного	Соответствует требованиям ТЗ

	полиамида, выдерживающие внешние нагрузки до 19000 Н.	полиамида, кольца и подшипник в целом выдерживают нагрузку 23000 Н	
4.1.3	Профили дорожек скольжения должны иметь вид пересекающихся под тупым углом прямых линий.	Профили дорожек скольжения имеют вид пересекающихся под углом прямых линий.	Соответствует требованиям ТЗ
4.1.3	Угол профиля дорожки скольжения верхнего кольца на 0,3-0,8 градусов должен быть больше угла профиля дорожки скольжения нижнего кольца.	Угол профиля дорожки скольжения верхнего кольца на 0,5 градусов больше угла профиля дорожки скольжения нижнего кольца.	Соответствует требованиям ТЗ
4.1.3	По центру дорожки скольжения нижнего кольца должна быть выполнена круговая масляная канавка шириной до 2 мм и глубиной не менее 1 мм, заполненная смазкой.	По центру дорожки скольжения нижнего кольца выполнена круговая масляная канавка шириной 2 мм и глубиной 2 мм, заполненная смазкой.	Соответствует требованиям ТЗ
4.1.3	Между дорожками скольжения должна быть установлена кольцевая фторопластовая прокладка толщиной до 2 мм.	Между дорожками скольжения установлена кольцевая фторопластовая прокладка толщиной 0,25 мм.	Соответствует требованиям ТЗ

6.4. Испытание ОП на соответствие выходных реакций, обеспечиваемых им в результате выполнения своих функций, требованиям пункта 4.1.4 ТЗ.

Испытание проведено в соответствии с методикой, изложенной в п. 5.4 ПиМ.

№ пункта ТЗ	Наименование показателей	Фактическое значение показателей	Результаты испытаний
4.1.4	Фторопластовая прокладка, расположенная между дорожками скольжения верхнего и нижнего колец, должна под внешней нагрузкой на подшипник надежно защемляться внешними и внутренними кромками дорожек скольжения и тем самым обеспечивать образование масляной подушки.	Фторопластовая прокладка расположена между дорожками скольжения верхнего и нижнего колец и под внешней нагрузкой на подшипник надежно защемляется внешними и внутренними кромками дорожек скольжения, тем самым обеспечивая образование масляной подушки.	Соответствует требованиям ТЗ

4.1.4	Масляная подушка должна воспринимать часть внешней нагрузки на подшипник и тем самым уменьшать площадь фактического контакта дорожек скольжения, снижать трение и энергозатраты при работе подшипника, предотвращать износ подшипника, смягчать ударные нагрузки и гасить вибрации.	Масляная подушка, находясь в закрытой полости между дорожкой и фторопластовой прокладкой, воспринимает часть внешней нагрузки на подшипник и тем самым уменьшает площадь фактического контакта дорожек скольжения, снижает трение и энергозатраты при работе подшипника, предотвращает износ подшипника, смягчает ударные нагрузки и гасит вибрации.	Соответствует требованиям ТЗ
-------	---	--	------------------------------

6.5. Испытания ОП на соответствие конструкции и его составных частей требованиям пункта п. 4.2.1 ТЗ.

Испытание проведено в соответствии с методикой, изложенной в п. 5.5 ПиМ.

№ пункта ТЗ	Требования ТЗ	Фактические	Заключение
4.2.1	Нижнее и верхнее кольца подшипника должны быть изготовлены из современных высокопрочных трибополимеров типа "ГРОДНАМИД" ПА6-ЛТ-СВ30В-2, выдерживающих разрушающее напряжения растяжения не менее 80 МПа и рабочие температуры в пределах от -50°C до + 150 °С.	Нижнее и верхнее кольца подшипника изготовлены из современных высокопрочных трибополимеров типа "ГРОДНАМИД" ПА6-ЛТ-СВ30В-2, выдерживающих разрушающее напряжения растяжения не менее 80 МПа и рабочие температуры в пределах от -50°C до + 150 °С. ГОСТ 17648-83	Соответствует требованиям ТЗ
4.2.1	Верхнее и нижнее кольца при сборке должны обеспечивать лабиринтное соединение	Верхнее и нижнее кольца при сборке обеспечивают лабиринтное соединение	Соответствует требованиям ТЗ
4.2.1	По центру профиля дорожек скольжения колец должны быть выполнены углубления для формирования масляных	По центру профиля дорожек скольжения колец выполнены углубления для формирования	Соответствует требованиям ТЗ

	карманов	масляных карманов	
4.2.1	<p>Между дорожками скольжения подшипника должна быть установлена антифрикционная прокладка из современного трибополимера. Антифрикционная прокладка должна иметь модуль упругости до 1500 МПа, износостойкость при трении не менее 0,03 мкм/км и прочность на растяжение не менее 132 МПа.</p>	<p>Между дорожками скольжения подшипника установлена антифрикционная прокладка из современного трибополимера – Фторопласт-4 П ГОСТ 10007-80, имеющего модуль упругости до 686,5 МПа, износостойкость при трении не менее 0,03 мкм/км и прочность на растяжение не менее 132 МПа.</p>	Соответствует требованиям ТЗ
4.2.1	<p>Лабиринтное соединение и масляные канавки должны быть заполнены пластичной смазкой типа ЦИАТИМ 203 или Солидол С с температурой каплепадения не менее 85-105 °С, пенетрацией не менее 31 мм, пределом прочности 400-500 Па и коллоидной стабильностью не менее 5%.</p>	<p>Лабиринтное соединение и масляные канавки заполнены пластичной смазкой ЦИАТИМ- 203 ГОСТ 8773-73 с температурой каплепадения 160 °С, пенетрацией при 25°С 250-300, пределом прочности 400-500 Па и коллоидной стабильностью 10%.</p>	Соответствует требованиям ТЗ
4.2.1	<p>Габаритные размеры опорного подшипника должны соответствовать следующим параметрам: Диаметр посадочного отверстия должен составлять 61,8+0,1 мм. Наружный диаметр должен составлять 86,75-0,1 мм. Высота должна составлять 12 мм. плюс-минус 0,1 мм. Масса подшипника должна составлять 0,04 кг. плюс-минус 0,005 кг.</p>	<p>Габаритные размеры опорного подшипника соответствуют следующим параметрам: Диаметр посадочного отверстия составляет 61,8+0,1 мм., наружный диаметр - 86,75-0,1 мм., высота составляет 12±0,1 мм. Масса подшипника составляет 0,04±0,005 кг. Монтажные размеры подшипника соответствуют ТУ 4590-1-55390241-2017.</p>	Соответствует требованиям ТЗ
4.2.1	<p>Подшипник должен иметь форму плоского кольца. Верхнее и нижнее кольца должны иметь различный</p>	<p>Подшипник имеет форму плоского кольца. Верхнее и нижнее кольца имеют различный цвет-верхнее</p>	Соответствует требованиям ТЗ

	цвет	кольцо имеет белый цвет, а нижнее кольцо имеет синий цвет.	
4.2.1	Затраты энергии на трение при вращении подшипника на масляной подушке под рабочей нагрузкой не должны превышать 3 Дж	Затраты энергии на трение при вращении подшипника на масляной подушке на угол 37° под рабочей нагрузкой 3420 Н составляет 1,62 Дж	Соответствует требованиям ТЗ
4.2.1	Статическая нагрузка до 15000 Н, частота качательных движений на угол плюс-минус 37 градусов с частотой до 100 дв. кач./мин, внешняя температура от -40°С до +120 °С, допустима вибрация и ударная нагрузка, наличие высокой загрязненности и влажности	Статическая нагрузка составляет до 24000 Н, частота качательных движений на угол плюс-минус 37 градусов с частотой до 100 дв. кач./мин, внешняя температура от -40°С до +120 °С, допустима вибрация и ударная нагрузка, допустимо наличие высокой загрязненности и влажности	Соответствует требованиям ТЗ

6.6. Испытание ОП на соответствие его массогабаритных характеристик требованиям пункта 4.2.2 ТЗ.

Испытание проведено в соответствии с методикой, изложенной в п. 5.6 ПиМ.

№ пункта ТЗ	Наименование показателей	Фактическое значение показателей	Результаты испытаний
4.2.2	Габаритные размеры опорного подшипника должны соответствовать следующим параметрам: Диаметр посадочного отверстия должен составлять 61,8+0,1 мм.	Диаметр посадочного отверстия ОП составляет 61,8+0,1 мм.	Соответствует требованиям ТЗ
4.2.2	Наружный диаметр должен составлять 86,75-0,1 мм.	Наружный диаметр ОП составляет 86,75-0,1 мм.	Соответствует требованиям ТЗ
4.2.2	Высота должна составлять 12 мм. плюс-минус 0,1 мм.	Высота ОП составляет 12 мм. плюс-минус 0,1 мм.	Соответствует требованиям ТЗ
4.2.2	Масса подшипника должна составлять 0,04 кг. плюс-минус 0,005 кг.	Масса ОП составляет 0,042 кг.	Соответствует требованиям ТЗ

6.7. Испытание ОП на соответствие вида его исполнения и товарной формы требованиям пункта 4.2.3 ТЗ.

Испытание проведено в соответствии с методикой, изложенной в п. 5.7 ПиМ.

№ пункта ТЗ	Требования ТЗ	Фактические	Заключение
4.2.3	Подшипник должен иметь форму плоского кольца.	Подшипник имеет форму плоского кольца.	Соответствует требованиям ТЗ
4.2.3	Верхнее и нижнее кольца должны иметь различный цвет.	Верхнее и нижнее кольца имеют различный цвет-верхнее кольцо имеет белый цвет, а нижнее кольцо имеет синий цвет.	Соответствует требованиям ТЗ

6.8. Испытание ОП на соответствие его мощностных характеристик и потребляемой энергии требованиям пункта 4.2.4 ТЗ.

Испытание проведено в соответствии с методикой, изложенной в п. 5.8 ПиМ.

№ пункта ТЗ	Требования ТЗ	Фактические	Заключение
4.2.4	Затраты энергии на трение при вращении подшипника на масляной подушке под рабочей нагрузкой не должны превышать 3 Дж.	Затраты энергии на трение при вращении подшипника на масляной подушке под рабочей нагрузкой составляют 1,62 Дж.	Соответствует требованиям ТЗ

6.9. Испытание ОП на соответствие его условий эксплуатации требованиям пункта 4.2.7 ТЗ.

Испытание проведено в соответствии с методикой, изложенной в п. 5.98 ПиМ.

№ пункта	Требования ТЗ	Фактические	Заключение
4.2.4	Статическая нагрузка до 15000 Н	ОП выдерживает статическую нагрузку до 23000 Н	Соответствует требованиям ТЗ
	Частота качательных движений на угол плюс-	ОП работает при частоте качательных движений на	Соответствует требованиям

	минус 37 градусов с частотой до 100 дв. кач./мин,	угол плюс-минус 37 градусов с частотой до 100 дв. кач./мин,	ТЗ
	Внешняя температура от -40°C до + 120 °С	ОП работает при внешней температуре от -40°C до + 120 °С.	Соответствует требованиям ТЗ
	Допустима вибрация и ударная нагрузка	ОП выдерживает вибрации и высокую ударную нагрузку.	Соответствует требованиям ТЗ
	Наличие высокой загрязненности и влажности.	ОП способен работать при наличии высокой загрязненности и влажности.	Соответствует требованиям ТЗ

8. Замечания и рекомендации

Замечания отсутствуют.

9. Выводы

Согласно полученным результатам, опорный подшипник скольжения на масляной подушке полностью соответствует техническому заданию и рекомендуется для практического применения в верхней опоре передней подвески автомобилей семейства ВАЗ.

Испытание проводили

Руководитель проекта, _____



Анаст.А. Королева

Исполнитель _____



Анна А. Королева

Исполнитель младший научный сотрудник _____



Е.В. Захарова