

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование)

15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Цифровые процессы и системы автоматизированного машиностроения

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Разработка съёмника ступичного подшипника

Обучающийся

И.Д. Кузнецов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., доцент А.А. Козлов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

Содержание

Введение.....	3
1 Описание конструкции ходовой части мотоцикла.....	5
1.1 Особенности конструкции рамы	5
1.2 Описание объекта исследования	11
2 Описание объекта проектирования–съёмника ступичного подшипника	14
2.1 Обзор подшипников	14
2.2 Тепловые зазоры подшипников.....	16
2.3 Применение подшипников.....	20
2.4 Описание параметров точности.....	21
2.5 Описание работы оснастки	23
3 Проектирование диагностического стенда.....	26
3.1 Метода контроля	26
3.2 Диагностический стенд	27
3.3 Технология измерения.....	28
3.4 Технические характеристики стенда	35
3.5 Технические характеристики индикатора	36
3.6 Квалификация измерений	37
4 Проектирование съёмника ступичного подшипника	39
4.1 Описание конструкции.....	39
4.2 Принцип работы.....	40
4.3 Изготовление технологической оснастки	42
4.4 Технология работы съёмника ступичного подшипника.....	48
5 Обслуживание подшипников.....	67
5.1 Методы смазки	67
5.2 Выбор смазочного материала	68
Заключение	70
Список используемых источников.....	71

Введение

Для достижения наивысших результатов в мотоспорте требуется уделять огромное внимание подготовке мотоцикла и его своевременному обслуживанию. Особенно это касается такого вида мотогонок, как спидвей.

Спидвей – трековые гонки на мотоциклах, которые проводятся на овалах средней длиной от 260 до 400 м. Во всём мире используются одноцилиндровые, четырех клапанные двигатели, работают на метаноле, не имеют коробки передач. Мотоциклы для спидвея уникальны по своей конструкции – они не симметричны и предназначены преимущественно для поворота на левую сторону.

90% комплектующих спидвейного мотоцикла импортные, и почти не имеют аналогов. Оригинальные запчасти, детали ходовой, комплектующие рамы, колёса и тд, всё это производится на специальных заводах JAWA, Stuha, Talon, NEB и прочие.

Основополагающей задачей является грамотная сборка мотоцикла. Несмотря на то, что все комплектующие являются оригинальными, токарных, фрезерных, сварочных и слесарных работ, при сборке даже абсолютно нового мотоцикла, не избежать.

Это касается и колёс для спидвейного мотоцикла. С завода производителя они не поставляются в сборе с установленными подшипниками. Перед введением их в эксплуатацию, требуется произвести установку подшипников в ступицу колеса самостоятельно, причём сделать это необходимо правильно. Для этого было принято решение разработать оснастку для их качественной установки и снятия. Ведь правильность используемых методов и оснащения определяет надежность работы подшипников, как и всего колеса, что влечёт за собой правильность эксплуатации мотоцикла и влияет на его управляемость, динамичность.

Отличительной особенностью данного вида мотогонок, как и вообще любых гонок и технических видов спорта, является то, что мотоциклы не оснащены ни какого вида тормозами.

Поэтому эксплуатационные качественные показатели должны прежде всего обеспечивать безопасность.

Цель работы: разработать съёмник ступичного подшипника, который обеспечит качественную посадку подшипника в ступицу колеса.

Для достижения основной цели работы потребуется выполнить ряд задач: разработать конструкцию съёмника и выполнить его 3Dмодель, спроектировать и разработать технологический стенд, с помощью которого станет возможным оценить величину торцевого биения подшипника, что позволит вовремя определить, подлежит ли подшипник замене.

В данной магистерской диссертационной работе будет уделено внимание изготовлению качественной оснастки при минимальных затратах, учитывая, что данная технология реализуется для единичного производства.

1 Описание конструкции ходовой части мотоцикла

1.1 Особенности конструкции рамы

Приспособление и оснастка, разрабатываемые в данной магистерской диссертации, используются в рамках обслуживания и подготовки спидвейного мотоцикла (рисунок 1) к тренировочному и соревновательному периодам.



Рисунок 1 – Гоночный мотоцикл для спидвея

Конструкция спидвейного мотоцикла не похожа ни на один дорожный, внедорожный или спортивный мотоцикл. Данный агрегат совершенно уникален. Конструкция этого мотоцикла ассиметрична, поскольку он предназначен только для поворота налево.

В связи с этим, с левой стороны установлена короткая и высокоподнятая подножка, куда гонщик ставит левую ногу на прямом участке трека.

С правой стороны расположена подножка в которую спортсмен давит правой ногой во время прохождения поворота. С спидвейных кругах данная подножка называется «костыль».

Поскольку виражи проходятся в управляемом заносе, весь вес спортсмена в это время переносится именно на костыль с целью баланса. Усилением или уменьшением давления ногой на правую подножку, гонщик контролирует наклон мотоцикла в вираже.

«Костыль» расположен настолько низко, что этого едва хватает чтобы аккуратно наклонить мотоцикл вправо и развернуться или совершить любой другой манёвр.

Коробка передач и тормоза в мотоцикле отсутствуют.

С левой стороны руля закреплён рычаг сцепления. Сцепление сухое, комплектуется из четырёх феродо и трёх алюминиевых дисков, покрытых никосилем.

Корзина сцепления располагается с левой стороны, приводится в движение благодаря цепной передачи с моторной звездой. На выжатом сцеплении при работающем двигателе моторная звезда и корзина сцепления вращаются, а внутренний барабан сцепления остаётся неподвижным.

Когда сцепление отпускается, диски сцепления вступают в работу между собой, внутренний барабан приводится во вращение и вращает за собой заднее колесо, с которым также соединён цепью.

Мотоцикл представляет из себя некий конструктор, собираемый из оригинальных запчастей, деталей и комплектующих. Основа ходовой части мотоцикла для спидвея – рама (рисунок 2).



Рисунок 2 – Рама в сборе

Рама спидвейного мотоцикла состоит из двух частей: передней и задней. Обе представляют из себя определенную конструкцию сваренных между собой трубных элементов, изготовленных из конструкционной стали 30ХГСА или хромансиль, легированной кремнием, марганцем и хромом. Хромансиль широко используется в ответственных конструкциях самолета и машиностроения и обладает отличным сочетанием прочности и пластичности, что благоприятно сказывается на эксплуатационных свойствах именно спидвейного мотоцикла [1].

Задняя часть рамы, так называемый задний конверт (рисунок 3) сварен из трубок диаметром 22мм и несет в своей конструкции множество технологических отверстий для крепления других деталей мотоцикла, и приваренных планок с отверстиями, которые служат для установки седла, уловителя цепи, для навешивания бугеля и пластика.



Рисунок 3 – Задний конверт

Передний конверт (рисунок 4) представляет из себя металлоконструкцию, в верхней части которой располагается рулевая колонка (рисунок 5), включающая в себя пару подшипников, обеспечивающих руление мотоциклом, посредством поворота руля. В рулевую колонку устанавливается вилка. Передний конверт это ответственная часть рамы. Лучи диаметром 22мм приваренные к рулевой колонке и выходящие из её основания имеют на своих концах проушины, расположенные своими торцами параллельно друг другу. Этот узел (две параллельные проушины) является одной из пяти точек крепления двигателя, что ещё раз доказывает обоснованность выбора материала рамы, учитывая нагрузки, напряжения и вибрации в местах крепления мотора [5].

В карман передней части конверта устанавливается топливный бак. Спрессованные участки трубчатых элементов являются местами болтового соединения двух частей рамы.



Рисунок 4 – Передний конверт



Рисунок 5 – Рулевая колонка

Двигатель для спидвейного мотоцикла крепится в раме при помощи алюминиевых щёк. Однако моторные щёки имеют две разновидности, это обусловлено нумерацией типов передних конвертов. Существует 2 вида конструкции передней части рамы.

Они маркируются как:

- ESO (JAWA) №1;
- Stuha ESO (JAWA) №4.

Отличие двух типов рам заключается в их геометрии, где разница длины лучей, диаметр которых 22мм между конвертами типа №1 и №4 составляет 15мм, что даёт отличные межосевые расстояния от места крепления щеки к раме до отверстия для болтового крепления двигателя (рисунок 6).



Рисунок 6 – Щёки моторные

Неправильно подобранные моторные щёки могут привести к тому, что при стягивании всех болтов и гаек рама мотоцикла окажется в напряге, это приведёт к тому, что рама или щёки лопнут при первых же вибрациях.

1.2 Описание объекта исследования

Главный объект в конструкции мотоцикла для гонок по спидвею, рассматриваемый в данной работе – это колёса.

Переднее колесо состоит из алюминиевого обода на 36 спиц, ширина которого 1,60 дюймов и радиус 23 дюйма и ступицы, выполненной полностью из стали либо, со стальными фланцами и фторопластовой сердцевиной. Дело в том, что переднее колесо в мотоцикле для спидвея является ведомым, на него не приходится колоссальные нагрузки, поэтому в гоночных условиях с целью облегчения веса и экономии металлоемкости конструкции колеса, целесообразно использовать именно фторопласт в качестве материала сердцевины [3].

Заднее колесо имеет алюминиевый обод 2,15x19” на 40 спиц и строго стальную ступицу. Устанавливается в заднем конверте, путём продевания оси через ступицу и закрепляется гайкой. Приводится в движение за счёт цепной передачи. Заднее колесо (рисунок 7) испытывает большие нагрузки, поскольку постоянно вращается на больших оборотах. Это обусловлено спецификой гонок по спидвею: гонщики проходят виражи в управляемом заносе на мотоциклах, не оснащенных тормозами. Поэтому для обеспечения управляемого заноса требуется пустить заднее колесо в букс и удерживать данные обороты на всей длине дистанции.

Подшипники заднего колеса работают на износ, в условиях воды, пыли, грязи и высокого температурного диапазона за счёт больших частот вращения, поэтому подлежат периодическому обслуживанию или замене, что неблагоприятно влияет на посадочные места под подшипники [4]. К тому же задняя часть мотоцикла загружена весом гонщика, от чего нагрузка приходится также на подшипники и посадочные места в ступице (рисунок 8). Поэтому очень важно обеспечить правильность и точность установки подшипников, при помощи проектируемой в данном проекте оснастки.



Рисунок 7 – Колесо заднее

Заднее колесо подвергается тщательной мойке бензином, соляной кислотой и водой под высоким давлением после каждой тренировки или гонки. Такой уход продлевает срок службы колеса, в особенности это касается ступичного узла, подшипников и спиц. Так, на чистом колесе легче заметить любую неисправность, оторванные или лопнувшие спицы, вышедшие из строя подшипники.

Покрышка заднего колеса способна отработать только 2 заезда в гоночном режиме 2 раза по 4 круга. После четырёх кругов колесо переворачивается (меняется местами звезда и защитный диск (парашют)).

Каждый раз, когда на обод колеса бортуется покрышка, колесо подвергается балансировке.



Рисунок 8 – Ступица задняя

В разделе выполнен анализ конструкции ходовой части спидвейного мотоцикла. Изучена конструкция рамы, комплектующих, аспекты крепления двигателя. Рассмотрена конструкция заднего колеса, условия его работы и, соответственно, установленных в нём подшипников, поставлена проблема и определена важность изготовления оснастки для правильного снятия и установки подшипников во избежание перекосов при посадке и износа посадочного места под подшипники.

2 Описание объекта проектирования–съёмника ступичного подшипника

2.1 Обзор подшипников

В колёсах спидвейного мотоцикла используются радиальные шариковые подшипники качения, которые состоят из внутреннего и наружного колец, тел качения, сепаратора, который отделяет шарики друг от друга, удерживает на равном расстоянии и направляет их движение [2].

В спидвее используются подшипники от фирм SKF, NSK, KOYO. 6202 – для переднего колеса, и 6204 для заднего. Подшипники закрытого типа (рисунок 9), поскольку работают в условиях пыли, грязи, воды, песка, камней, доломитовой крошки.



Рисунок 9 – Подшипник 6204 закрытого типа

Но даже не смотря на наличие пыльников, они не защищают на 100% от попадания влаги и грязи в зону желоба (дорожка качения, по которой во время работы подшипника двигаются тела качения) и подшипник нужно обслуживать, поддевая пыльник острым предметом, чтобы попасть в зону работы тел качения для промывки и набивания смазки [6].

Такое обслуживание можно производить без разбора ступичного узла, в отличие от пыльников железного типа, которые тяжело демонтируются, поэтому подшипники с железным сальником не используются в спидвее.

В спидвейных мотоциклах подшипники используются также в рулевой колонке, корзине сцепления, на промежуточном валу, в качестве тюнинга подшипники устанавливают в рычаг сцепления и выжимной флажок сцепления.

В рулевой колонке устанавливается два подшипника, сверху и снизу. Это подшипники 6005 преимущественно фирмы SKF или NSK [7].

В корзину сцепления (рисунок 10) ставится подшипник 6007. В данном узле мотоцикла подшипник испытывает большие температурные нагрузки, поскольку корзина сцепления при езде вращается на больших оборотах, что вызывает перегрев подшипника и его быстрое разрушения. Поэтому необходимо устанавливать в корзину сцепления подшипники с повышенным тепловым зазором, способные выдерживать большие температурные расширения. Профессиональные спортсмены мирового уровня используют керамические подшипники, выполненные на заказ. При подборе подшипников с неправильным тепловым зазором возникает болтание корзины сцепления или подкусывание подшипника, что вызывает накат мотоцикла при выжатом сцеплении. Это является недопустимым из соображений специфики езды и правил гонок по спидвее.



Рисунок 10 – Корзина сцепления

В промежутке, устанавливаемом между моторными щеками, на котором вращается по шлицевому соединению корзина сцепления, подшипники ставятся с двух сторон: 6205 – справа и 6203 – слева.

2.2 Тепловые зазоры подшипников

Одной из задач данного проекта, является выявление необходимости проведения демонтажа подшипника для устранения неисправности или замене

подшипника. Поскольку при чрезмерном снятии и установке подшипников посадочное место в ступице испытывает износ [10].

Основной причиной неисправности ступичного подшипника в спидвее является его люфт, болтание, биение.

Однако следует понимать, что подшипники имеют изначальный внутренний радиальный зазор – это величина расстояния, на которое кольцо подшипника может быть смещено без приложения усилия в радиальном направлении от одного предельного положения к другому [8]. Например внутреннее кольцо к наружному, как показано на рисунке 11.

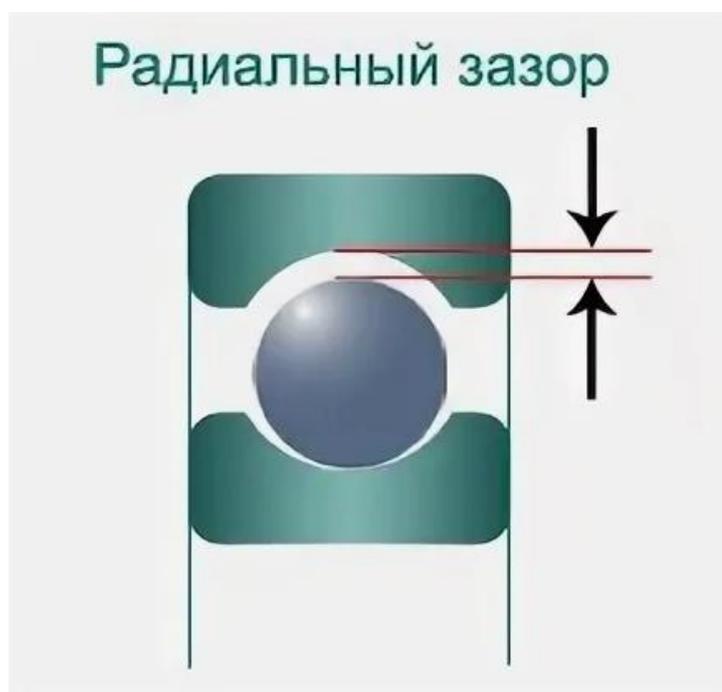


Рисунок 11 – Радиальный зазор подшипника качения

Осевой зазор подшипника – это осевое смещение внутренней обоймы подшипника относительно наружной без приложения усилия (рисунок 12). Величина осевого зазора рассчитывается по формуле (1):

$$\delta_0 = \delta_1 + \delta_2, \quad (1)$$

где δ_0 осевой зазор подшипника;

δ_1 осевое смещение внутреннего кольца;

δ_2 осевое смещение внешнего кольца.

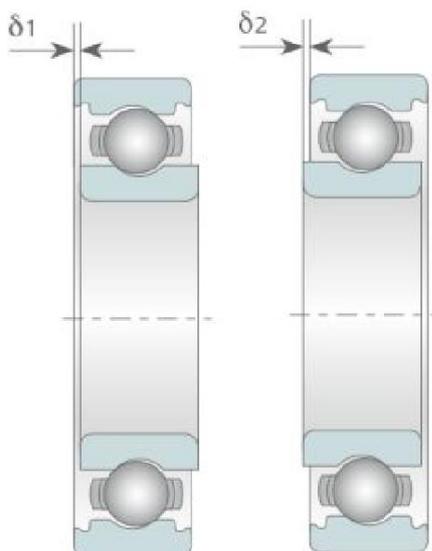


Рисунок 12 – Осевой зазор подшипника

Зазоры в подшипнике необходимы для компенсации температурного расширения деталей подшипника в процессе работы. Они предотвращают выход подшипника из строя (заклинивание) при высоких температурах. Уменьшение зазора приводит к повышению силы трения. Существует оптимальное значение величины зазора, обеспечивающее максимальное время службы подшипника. Сама величина зазора зависит от внешних факторов: температуры подшипника, корпуса, вала; приложенной нагрузки [9]. Повышенный зазор приведет к избыточному шуму при работе, вибрациям, биениям, уменьшению срока службы подшипника.

Если шум и вибрации подшипника в спидвее не будут доставлять никакого дискомфорта, главным образом потому, что из-за вибрации двигателя и рёва мотора их можно просто не заметить, то биение и болтание подшипника является критическими показателями [11].

Бьющий подшипник заднего колеса влечёт за собой не правильную работу целого узла: ось – колесо – звезда – цепь. Отклонения или смещения внутреннего кольца относительно внешнего, могут привести к порыву задней цепи, либо к её спаданию со звёздочки. А биение подшипника переднего колеса может привести к нестабильному управлению, влияет на руление, а также на стабильность мотоцикла.

Следовательно, чем меньше зазор, тем выше точность работы подшипника, и выше его долговечность. Но как известно, подшипник не может выполнять свои функции с нулевым зазором [12]. Поэтому для колёс спидвейных мотоциклов целесообразно выбирать подшипники с зазором близким к нулю для большей точности и стабильности, поскольку высоких температур в зоне их работы не возникает и увеличенный тепловой зазор им не нужен [13].

Угловой зазор - это угол, на который смещается внутреннее кольцо подшипника относительно закрепленного внешнего кольца (рисунок 13).

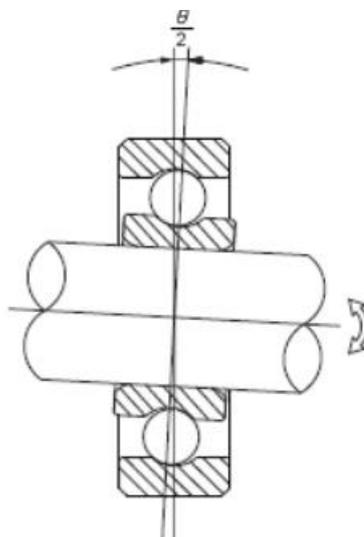


Рисунок 13 – Угловой зазор подшипника

Является развитием предшествующих проблем в правильной работе подшипника, таких как: вибрации, биение, перекосы и так далее. От

имеющихся люфтов канавка, по которой скользят шарики, разбивается, сами шарики деформируются и подшипник стремится сработать на скручивание, то есть внутреннее кольцо отклоняется на некий угол, относительно внешнего кольца [14].

2.3 Применение подшипников

Для спидвейных мотоциклов применяются шариковые подшипники радиальные 6202 СЗ для переднего колеса и 6204 СЗ для заднего. Данные подшипники относятся к нормальной группе зазоров б, перепад между наружным и внутренним кольцами подшипника незначителен.

По немногочисленным данным с различных сайтов производителя фирмы SKF можно понять, что оптимальным является зазор G_r :

- для подшипника 6202 – от 0 до 10 мкм, при диаметре внутреннего кольца 15мм по ГОСТ 24810-2013;
- для подшипника 6204 – то 0 до 15 мкм, при диаметре внутреннего кольца 20мм по ГОСТ 24810-2013.

Следовательно, если биение превышает максимально допустимое значение для обоих подшипников, то они подлежат замене [15].

Начальный зазор рассчитывается по формуле (2):

$$G_{r0} = D - d - 2 \cdot \delta, \quad (2)$$

где G_{r0} начальный (теоретический) зазор;

D диаметр наружного кольца;

d диаметр внутреннего кольца.

В случае, когда:

$$G_{r0} = D - d - 2 \cdot \delta \geq G_r \quad (3)$$

подшипник можно считать бракованным.

G_{r0} – начальный (теоретический) зазор - это зазор в подшипнике до установки его на вал и в корпус.

Подшипники, обладающие зазором класса С3 были неоднократно испытаны практическим методом и отличились своей работоспособностью и долговечностью. Начальный зазор данных подшипников по паспорту как до, так и после установки является допустимым для использования в колёсах мотоцикла для спидвея [16].

2.4 Описание параметров точности

Помимо люфтов, зазоров и биений, на точность работы подшипников влияют такие характеристики как:

Некруглость отверстия кольца подшипника (рисунок 14):

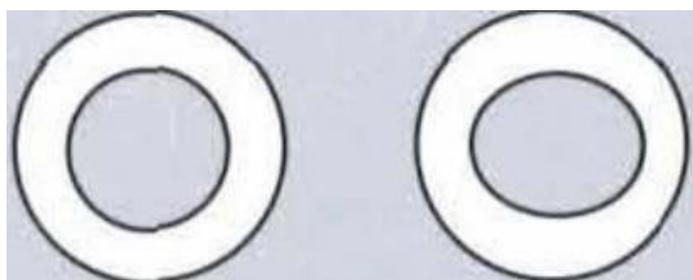


Рисунок 14 – Некруглость кольца

Конусность отверстия кольца подшипника (рисунок 15):

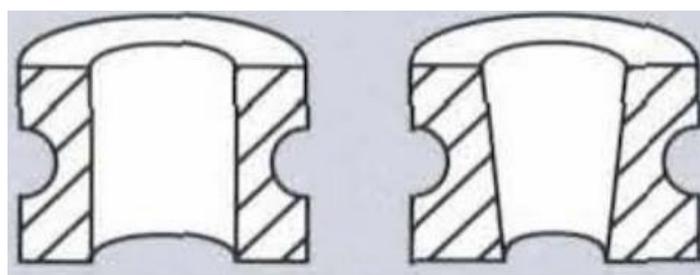


Рисунок 15 – Конусность кольца

Неперпендикулярность между осью отверстия внутреннего кольца и торцевой поверхностью внутреннего кольца (рисунок 16):

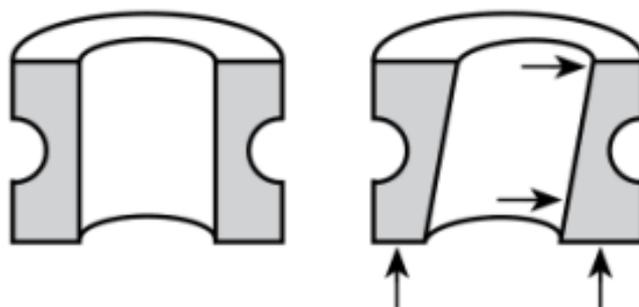


Рисунок 16 – Неperпендикулярность оси колец

Отклонение от круглости шариков (рисунок 17):

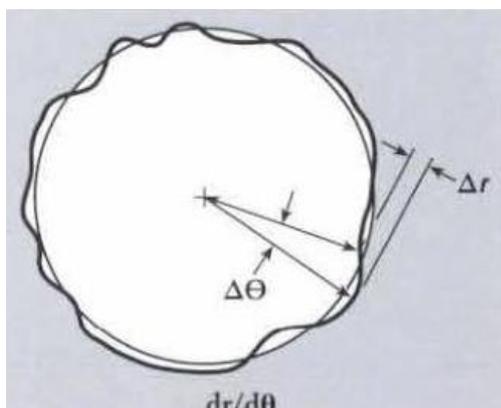


Рисунок 17 – Некруглость шариков

На рисунках 14, 15, 16, 17 приведены отклонения параметров точности подшипников, которые влияют на их правильность их работы, способность стабильной и работы и устойчивость к быстрому выходу из строя и разрушению [17].

2.5 Описание работы оснастки

Существует также посадочный радиальный зазор - это зазор в подшипнике после установки его на рабочее место. Причинами его возникновения является упругая деформация колец, вызванная посадочными натягами и погрешностями формы посадочных мест. После установки уменьшается внутренний диаметр наружного кольца. Причиной этого является неправильная установка подшипника в ступицу колеса, перекос, разбитое посадочное место или его эллипсность. При этом в подшипнике либо сохраняется некоторый зазор, либо образуется натяг [18].

Именно поэтому следует избегать чрезмерного выполнения извлечения и установки подшипников. Это может вызвать нарушение геометрии посадочного места и повлечь за собой не правильную работу подшипника.

Для обеспечения повышения точности и правильности установки подшипников в ступицу колеса принято решение разработать и спроектировать в данной диссертационной работе специальную оснастку.

Принцип её работы будет заключаться в том, что подшипник не будет подвергаться забиванию, будет устанавливаться без применения ударного инструмента, оправок и кернеров [19].

Проектируемая оснастка позволит добиться равномерного запрессовывания подшипника без перекосов, заклиниваний в ходе монтажа и обеспечит соблюдение соосности внутренней обоймы подшипника к наружному кольцу, благодаря равномерному и плавному поступательному давлению в процессе установки подшипника [20].

То же касается и разбора ступичного узла. При выбивании подшипников, распорная втулка колеса (рисунок 18) лопаётся, сминается или вальцуется. Это влечёт за собой неплотную посадку установочной втулки колеса (рисунок 19), которая используется для фиксации колеса в раме, и влечёт за собой увеличение болтания колеса [21].



Рисунок 18 – Распорная втулка заднего колеса

Распорные втулки могут изготавливаться из стали и алюминия. Стальные распорные втулки изготавливаются цельными. В процессе эксплуатации мотоцикла и его мойки, внутри собирается грязь и вода, что ведёт к коррозии и разрушению распорной втулки. Это является главным минусом конструкции стальной распорной втулки. Для удаления грязи и влаги, образующихся внутри, сверлится отверстие в корпусе распорной втулки.

Распорные втулки из алюминия обладают значительно меньшим весом, и конструктивно отличаются от стальных тем, что их хвостовая часть разбирается. Это позволяет постоянно удалять грязь и влагу внутри ступицы без разбора ступичного узла.



Рисунок 19 – Установочная втулка заднего колеса

В связи с проведенным анализом и решением вопроса выбора подшипников, было решено спроектировать диагностический стенд, который позволит выявить отклонения в работе ступичного подшипника без разбора ступичного узла, во избежание деформации посадочного места в виду чрезмерного монтажа – демонтажа.

В данном разделе выполнен обзор различных подшипников, был проведён анализ биения подшипников, их причины, виды тепловых зазоров и основные виды неточности изготовления подшипников. Определен вектор развития проектирования оснастки, а именно дополнительная разработка диагностического стенда.

3 Проектирование диагностического стенда

3.1 Метода контроля

Одним из методов контроля качества и исправности подшипников является индикатор дефектов подшипников электрических машин ИДП-07:

ИДП-07 – это портативный прибор, предназначенный для контроля вибрации электрических и других роторных машин, состояния их подшипников качения.

ИДП-07 обеспечивает оценку:

- интенсивности вибрации подшипникового узла;
- износа дорожек и тел качения подшипника;
- качества смазки и установки подшипника;
- локальных дефектов подшипника (трещин, сколов, раковин);
- нагрева подшипника.

ИДП-07 предназначен для предприятий, эксплуатирующих электрические и другие роторные машины с частотой вращения от 300 до 6000 об/мин.

Принцип работы индикатора дефектов подшипников электрических машин ИДП-07:

- при оценках интенсивности вибрации машины, износа дорожек и тел качения, качества смазки и установки, локальных дефектов подшипника индикатор измеряет значения соответствующих контролируемых параметров и указывает зоны оценки и интервалы в пределах этих зон, в которые попадают измеренные значения;
- при оценке нагрева подшипника индикатор измеряет температуру подшипника (бесконтактным способом с помощью инфракрасного датчика), сравнивает её с предельно допустимой (100 °С) и показывает результат этого сравнения.

Стоимость ИДП-07 составляет от 95000 до 100000 руб. Учитывая материальную и финансовую ограниченность проекта и ввиду единичного типа производства, было принято решение рассмотреть альтернативный вариант.

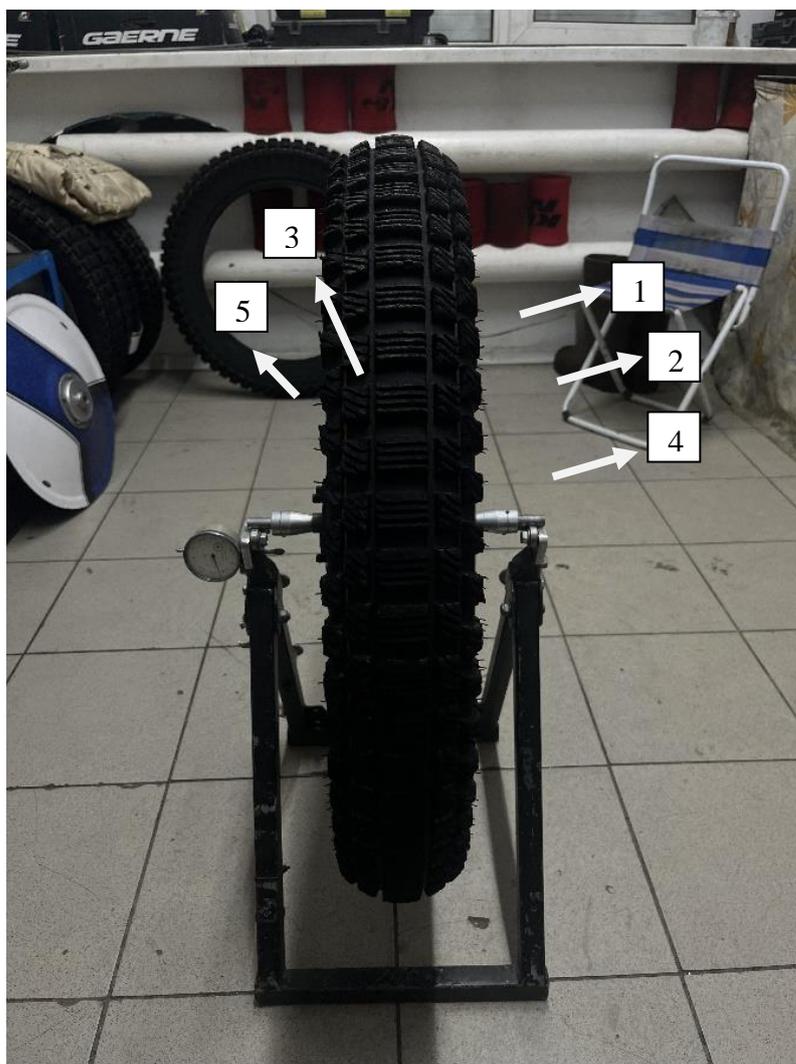
Ещё одним измерительным прибором с наибольшей вероятностью может послужить индикатор часового типа. Например, ИЧ-25. Стоимость данного измерительного прибора составляет в среднем 3500 руб., в комплекте с магнитной стойкой и различными насадками.

Поскольку подшипники в колёсах спидвейного мотоцикла не достигают слишком больших температур и не работают в условиях столь высоких оборотов (6000 об/мин), целесообразно производить измерения часовым индикатором ИЧ25, к тому же он прост в использовании и имеет значительный выигрыш в цене.

3.2 Диагностический стенд

Для контроля торцевого биения подшипника колеса спидвейного мотоцикла спроектирован специальный стенд (рисунок 20). В качестве основания стенда используется стальной квадратный профиль. Соединение выполнено путем сварки, на разметочном столе, для достижения устойчивости конструкции.

Для обеспечения процесса сборки выбираем стационарную форму сборки с неподвижным собираемым изделием. Форма выполнения технологических переходов последовательная. Это соответствует единичному циклу производства [1].



1 – колесо, 2 - ось колеса, 3 – конусные насадки, 4 – стойка, 5 – индикатор

Рисунок 20 – Диагностический стенд

Данный стенд изготовлен на базе спортивного технического комплекса, на токарно-слесарном участке, которые оборудован всеми необходимыми приспособлениями и имеет полный комплект инструментов.

3.3 Технология измерения

Колесо устанавливается на стенде и держится под своим весом. Изготовлен данный стенд в комплекте с различными конусными насадками для разного вида ступиц, распорных втулок и так далее (рисунок 21). Стенд переналаживается с минимальными затратами по времени, различные втулки,

насадки, клинья легко изготавливаются на токарном станке (если это необходимо, в зависимости от конфигурации колеса и проводимых работ), что также соответствует единичному производству.



Рисунок 21 – Конусная насадка

Ось продевается через ступицу колеса и устанавливается на две пары роликов, расположенных по обе стороны верхней части стойки (рисунок 22).

В конусных насадках сверлится сквозное отверстие на одной из стенок, нарезается резьба М4. В резьбовое отверстие вкручивается винт М4 по внутреннему шестиграннику. Данный винт будет выполнять роль фиксатора. Необходимо подтянуть винт, для того, чтобы он упёрся в ось, на которую надет конусная насадка. Таким образом насадка будет защищена от проскальзывания или смещения по оси колеса.



Рисунок 22 – Ролики вращающиеся

Для того, чтобы избежать проскальзывания внутренней поверхности ступицы по оси колеса и болтания (рисунок 23), ввиду разницы диаметров оси и внутреннего отверстия (рисунок 24, 25), и обеспечить вращение оси на роликах стенда, используются соответствующие конусные клинья, которые устанавливаются в зазор между осью и ступицей колеса.



Рисунок 23 – Наглядный пример болтания ступицы колеса на оси

Внутренний диаметр распорной втулки заднего колеса фирмы SmProsидвейного мотоцикла 16,5мм, а диаметр оси, которая выбрана исходя из того, чтобы она свободно вращалась на паре роликов под своим весом (межосное расстояние одноименных точек роликов 20мм) составляет 13мм.

Для правильной работы технологического стенда требуется добиться вращения колеса на подшипниках, которые установлены в ступице.

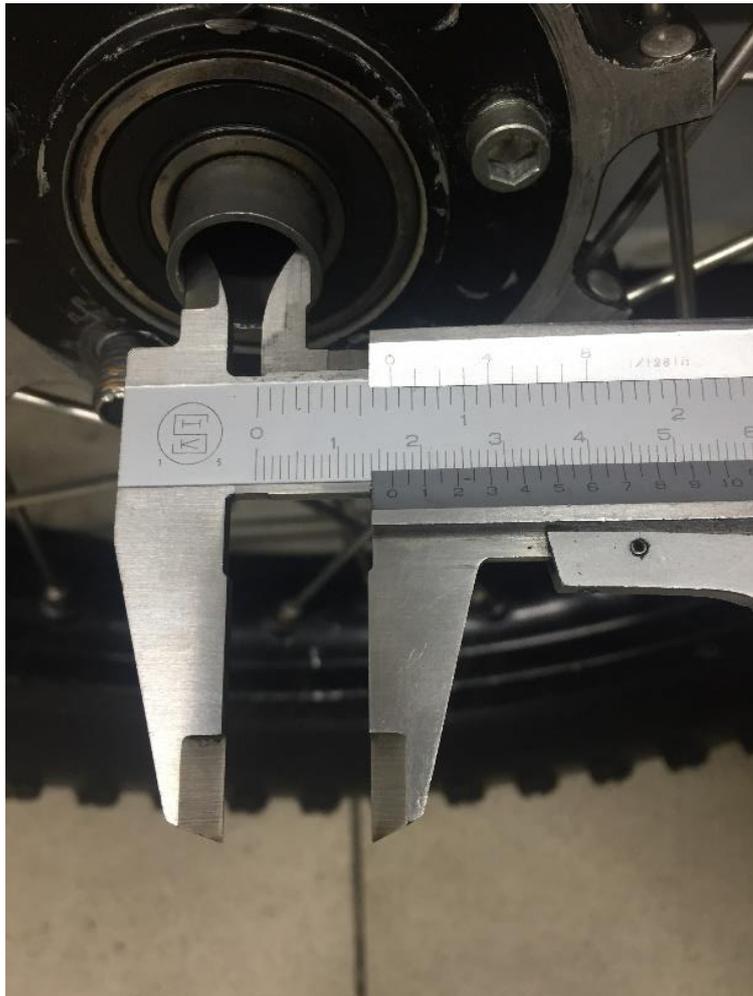


Рисунок 24 – Внутренний диаметр ступицы

Ось заднего колеса должна легко проходить через распорную втулку, установленную в ступице, однако следует исключить факт того, что колесо, установленное на стенде, будет вращаться на оси.

Для этого потребуются изготовить переходники или втулки на токарном станке 1К62, которые будут позволят зафиксировать хвостовики распорной втулки и позволят приводить колесо во вращения благодаря подшипникам, установленным в колесе.



Рисунок 25 – Диаметр оси

Для нивелирования разницы диаметров были изготовлены конусные клинья, с технологическим резьбовым отверстием. Винт под внутренний шестигранник закручивается через клин насквозь и упирается в ось, предотвращая проворачивание клиньев на оси.

После установки конусных насадок следует убедиться, что колесо стоит враспор и их конусная часть входит в хвостовую часть распорной втулки, тем

самым, поджимая её. К тому же, колесо будет оцетровано конусными клиньями, после чего следует зафиксировать их винтами (рисунок 26).



Рисунок 26 – Установка оцетрованного колеса с осью на вращающиеся ролики

Когда колесо приводится во вращение, к наружному кольцу подшипника подводится ножка индикатора (рисунок 27), можно производить измерения. Стоит убедиться, что конусные клинья не касаются болтов, которыми ролики закреплены к стойке станда. Ничто не должно препятствовать свободному вращению колеса [22].



Рисунок 27 – Измерение торцевого биения часовым индикатором

Когда колесо вращается, внутренняя обойма подшипника неподвижна, а наружное кольцо вращается вместе с колесом. Отклонение стрелки в определённом диапазоне покажет суммарное торцевое биение [23].

3.4 Технические характеристики стенда

Данный стенд обладает высокой жёсткостью и устойчивостью. К ножкам стойки болтами крепятся резиновые демпферы снизу, придающие ещё большую устойчивость в условиях испытания не отбалансированного колеса или не ровной поверхности пола.

Резиновые демпферы также выполняют роль виброгасителей.

Перпендикулярность и соосность всех рабочих отверстий и резьбовых соединений станда при его изготовлении соблюдены, что позволяет избежать перекосов, заклинивания вращающихся роликов. Обеспечивает плавность вращения колеса. Благодаря этому достигается точность измерений.

Диагностический стенд является в свою очередь переналаживаемым, благодаря различным насадкам, втулкам и переходникам, а также многофункциональным, что в очередной раз является признаком единичного производства. Например, изготовив специальные стержни, закрепив их на стойке станда и подведя к отбортовке или ханту обода, можно произвести бансировку колеса или правку обода.

В условиях ограниченных финансовых вложений изготовление спроектированного переналаживаемого станда является целесообразным.

3.5 Технические характеристики индикатора

Часовой индикатор ИЧ25 работает в диапазоне 0 – 25мм.

Цена деления 0,01 мм или 10 мкм.

Принцип работы часового индикатора заключается в том, что он основан на преобразовании линейного перемещения наконечника в соответствующее перемещение стрелок циферблата (рисунок 21). Если перемещение стрелки индикатора превышает допустимое значение отклонения, заявленного по ГОСТ 24810-20 или производителем, то подшипник не исправен. Об исправности подшипника сигнализирует отклонение стрелки индикатора в определенном диапазоне. Погрешность измерений часовым индикатором ИЧ25 ГОСТ 577-68 составляет 0,005мм.

Технические характеристики ИЧ25 позволяют применять его в других областях подготовки спидвейного мотоцикла: регулировка карбюратора.



Рисунок 28 – Индикатор ИЧ-25

Это возможно благодаря тому, что диапазона работы индикатора вполне достаточно, чтобы выставить требуемый ход заслонки. Дополнительные насадки и наконечники позволяют быстро переналадить индикатор, что положительно влияет на концепцию проекта, а именно, единичный тип производства.

3.6 Квалификация измерений

Для подшипников заднего колеса SKF 6204 2RSot 0 до 15 мкм. – годен, от 15 мкм и выше – негоден.

Для подшипников переднего колеса SKF 6202 2RSot 0 до 10 мкм – годен, от 10 мкм и выше – негоден.

Ввиду того, что заднее колесо вращается с большой частотой вращения и его подшипники нагреваются, то во избежание заклинивания или разрушения подшипников могут применяться подшипники с маркировкой С3[24].

Такие подшипники имеют увеличенный тепловой зазор, однако следует понимать, эти подшипники имеют люфт в холодном состоянии. Это влечёт за собой сложности при установке колеса в раму мотоцикла, а именно, погрешность при выставлении натяжки задней цепи и выставлении угла заплыва заднего колеса [25].

И поскольку ранее было доказано, что подшипники заднего колеса не достигают предельно допустимых частот вращения, то можно сделать вывод, что использование подшипников SKF 6204 С3 нецелесообразно.

При измерении торцевого биения подшипников заднего колеса на технологическом стенде, следует убедиться, что колесо отбалансировано. Неотбалансированное колесо может привести к раскачиванию стенда, его неустойчивости, и как следствие, к погрешности измерений [26].

Таким образом, проверяя на биение подшипники SKF 6204 2RS, можно заметить, что если стрелка индикатора отклонится на величину, большую предельно допустимого значения по ГОСТ 24810-2013, то подшипник следует заменить [27].

В данном разделе спроектирован диагностический стенд, который позволяет без разбора ступичного узла оценить состояние подшипника, а именно проверить его на торцевое биение. Обоснован выбор измерительного прибора. Было определено, что допустимым биением подшипника заднего колеса SKF 6204-С3 является биение в диапазоне 0 – 15 мкм, для переднего колеса SKF 6202-С3 – 0 – 10 мкм [28].

4 Проектирование съёмника ступичного подшипника

4.1 Описание конструкции

Диссертация посвящена проектированию съёмника ступичного подшипника мотоциклетного колеса в рамках работы по снижению рисков скоротечного износа подшипников и посадочных мест, вследствие их неправильной установки.

Конструкция спроектированной технологической оснастки подразумевает соблюдение соосности всех элементов ступичного узла как и самой оснастки, при установке и снятии подшипников, а также соблюдение перпендикулярности торцевой поверхности подшипника к оси ступицы.

Главным достоинством конструкции съёмника является то, что благодаря минимальной переналадке, можно обеспечить установку и демонтаж подшипников как в заднем, так и переднем колесе [2].

Выполнено проектирование технологической оснастки, предназначенной для монтажа и демонтажа ступичных подшипников, в целях подготовки мотоциклетных колёс для участия в гонках по спидвею. Главным достоинством съёмника является то, что благодаря минимальной переналадке, можно обеспечить установку и демонтаж подшипников, причём как в заднем, так и переднем колесе [3].

Конструкция съёмника ступичных подшипников обладает качествами, которые способны обеспечивать необходимые требования по переналадке, а именно – модульность конструкции. Это означает, что для переналадки, необходима замена только нескольких отдельных элементов оснастки. Время на переналадку минимальное, а элементы оснастки легко изготавливаются на токарном станке. Все комплектующие съёмника выполнены из алюминия [29].

4.2 Принцип работы

В данной магистерской диссертации будет рассмотрен принцип работы модификации съёмника предназначенного для обслуживания заднего колеса спидвейного мотоцикла.

Различие заключается в наборе комплектующих деталей оснастки, ввиду различных параметров передней и задней ступиц, их подшипников и, соответственно, диаметров осей колеса [30].

Принцип работы оснастки при снятии подшипников из ступичного узла заднего мотоциклетного колеса подразумевает использование модификации съёмника в следующей комплектации: направляющая ось 1, стакан 2, гайка 3 (рисунок 29).

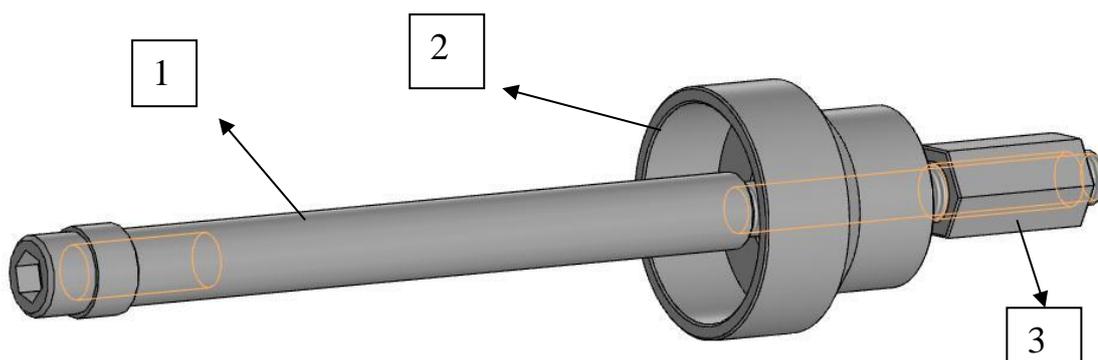


Рисунок 29 – Съёмник ступичного подшипника (модификация для заднего колеса, демонтаж)

Принцип работы технологической оснастки будет заключаться в том, что направляющая ось 1 вставляется внутрь ступицы колеса, центруется в ней за счёт того, что имеет такой же наружный диаметр 17мм, что и ось мотоцикла [31].

С обратной стороны на направляющую ось надевается стакан 2. Он упирается буртом во фланец ступицы и в него будет вываливаться подшипник, в результате затягивания гайки 3.

В качестве гайки используется стандартное изделие, гайка М12 удлиненная, с шагом резьбы 1.75.

Принцип работы оснастки при установке подшипников заключается в следующем. Во время установки подшипников в заднюю ступицу колеса спидвейного мотоцикла, оснастка будет использоваться в следующей комплектации: направляющая ось 1, упорная втулка 2, стакан 3, вкладыш 4, гайка 5 (рисунок 30).

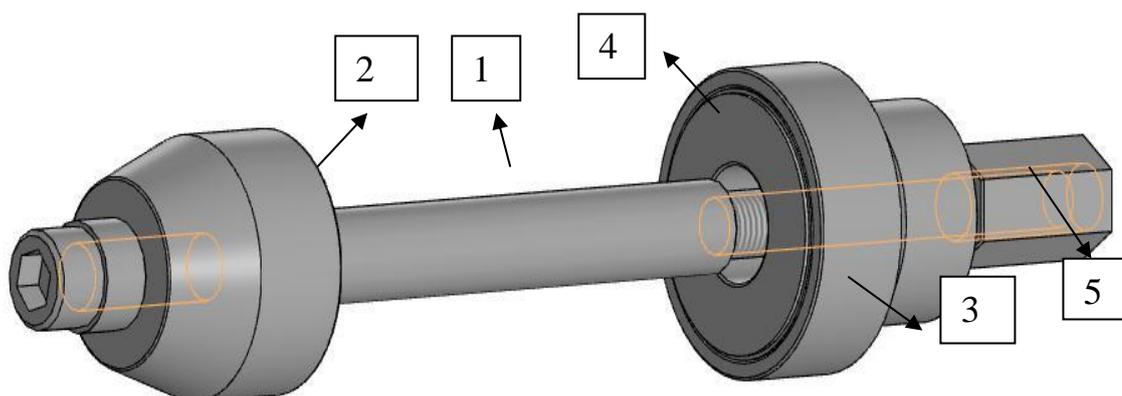


Рисунок 30 – Съёмник ступичного подшипника (модификация для заднего колеса, установка)

Принцип работы оснастки при установке подшипников будет заключаться в том, что упорная втулка 2 вставляется в посадочное место под подшипник с одной стороны. Причём исполнение втулки позволяет ей позиционироваться таким образом, что она оцетрована по наружному диаметру (поскольку он совпадает диаметром посадочного места 47мм), и упёрта в торец.

Направляющая ось 1 продевается через упорную втулку установленную в посадочном месте, до упора, с обратной стороны распорная втулка мотоциклетного колеса с предустановленным подшипником помещается на направляющую ось.

Стакан 3 в данном случае, при установке подшипников, будет работать с совокупности с изготовленным вкладышем 4.

Гайка 5 будет выполнять ту же функцию: при её закручивании конструкция стягивается и происходит запрессовка подшипников.

4.3 Изготовление технологической оснастки

Съёмник ступичного подшипника изготавливается на токарном станке 1К62. Материал технологической оснастки алюминий Д16 Т. Также при проектировании и изготовлении съёмника ступичного подшипника в его конструкцию были внедрены отработанные подшипники. Их установка в давящую втулку, входящую в состав комплектующих технологической оснастки, производилась на прессовальном станке [32].

В качестве режущего инструмента использовались резцы проходные упорные, отогнутые, расточные, свёрла, резьбонарезной инструмент, резец отрезной.

Методы контроля обеспечиваются измерительными инструментами: микрометр, штангенциркуль.



Рисунок 31 – Рабочий процесс изготовления

Работы по проектированию, разработке и производству технологической оснастки велись на базе спортивного технического комплекса, на токарно-слесарном участке, где предоставлены все условия для работы и полный комплект необходимого инструмента [33].

Направляющая ось, как одна из комплектующих технологической оснастки, имеет некоторые конструктивные особенности.

Направляющая ось (рисунок 32) изготовлена в размер с мотоциклетной осью диаметром 17мм, что обеспечивает центрирование внутри распорной втулки при установке и снятии подшипников.

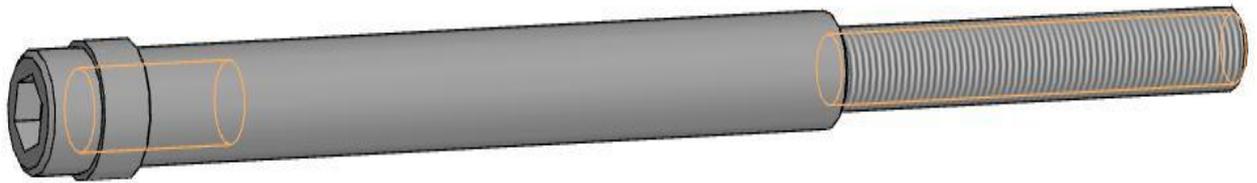


Рисунок 32 – Направляющая ось

На направляющей оси нарезана резьба М12 с шагом 1.75. Она служит для закручивания гайки, что позволяет стянуть конструкцию и обеспечить запрессовку или выпрессовку подшипников путём давления. Длина резьбовой части 95мм.

С другой стороны направляющей оси выполнена ступень диаметром 19,9мм. Она служит для упора в хвостовую часть распорной втулки и выдавливает её, проходя через внутреннее кольцо подшипника, диаметр которого 20мм [34].

Также, в направляющей оси нарезается внутренняя резьба М12, куда впоследствии закручивается болт под внутренний шестигранник М12х35. Он служит для того, чтобы предотвратить прокручивание оси в процессе стягивания конструкции гайкой. Удерживается шестигранником [35].

Упорная втулка (рисунок 33) используется при установке подшипников и вкладывается в посадочное место под подшипник для обеспечения упора.

Чтобы достичь соосности и центровки, упорная втулка выполнена с наружным диаметром 46,9мм, учитывая, что цена деления лимба токарного станка 1К62 0,05мм и диаметр посадочного места в ступице 47мм под подшипник SKF6204 2RS-C3[2].

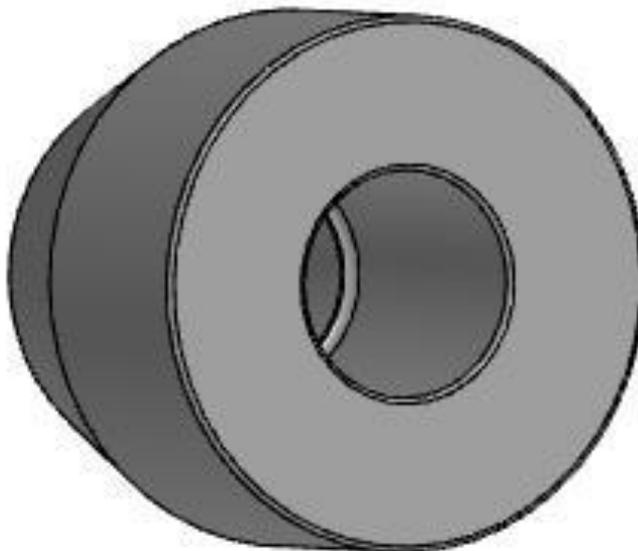


Рисунок 33 – Упорная втулка

Внутри расточено отверстие, диаметр которого 20,1мм в которое садится хвостовая часть распорной втулки колеса, при монтаже подшипников. Длина расточенной поверхности 29мм, что на 1 мм длиннее хвостика распорной втулки. Это сделано с той целью, чтобы хвост распорной втулки не раздавило в процессе стягивания конструкции [3].

Компонент стакан (рисунок 34) получил своё название исходя из своей геометрической формы.

Особенность его конструкции заключается в том, что внутренняя поверхность 2 стакана расточена до диаметра 48мм таким образом, что выпрессованный подшипник при его демонтаже беспрепятственно вываливается в полость стакана.

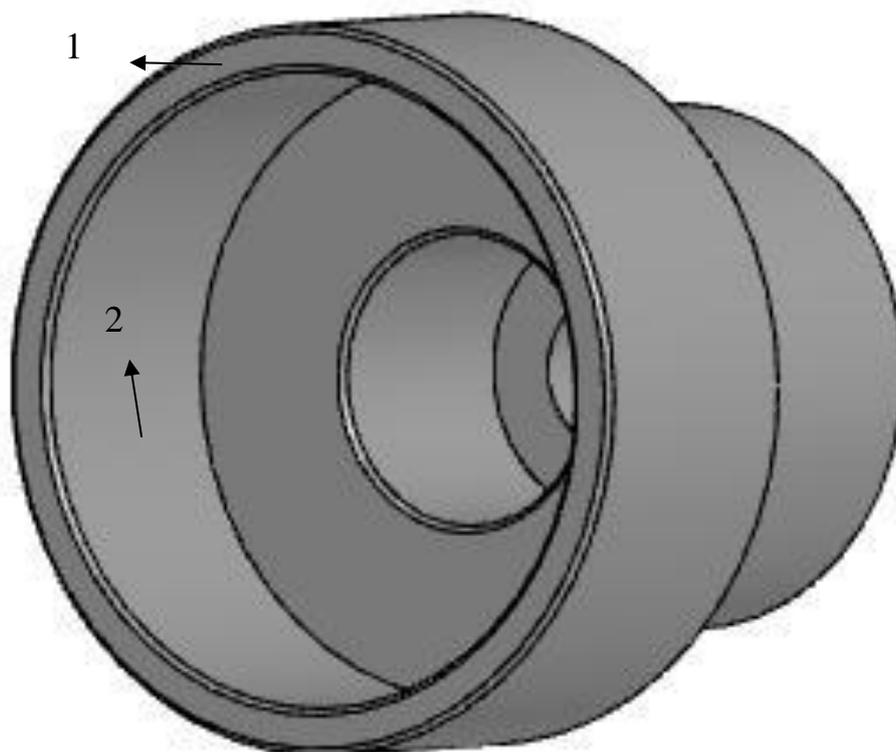


Рисунок 34 – Стакан

Бурт 1 толщиной 3,5мм в процессе работы упирается во фланец мотоциклетной ступицы и позволяет соблюсти условия перпендикулярности.

В процессе проектирования и последующей разработки технологической оснастки было принято решение установить в заднюю поверхность стакана подшипник произвольного исполнения [36]. Это позволит избежать заклинивания конструкции оснастки и сдиранию алюминия на задней поверхности стакана. При стягивании конструкции гайка М12 будет крутиться вместе с внутренним кольцом подшипника. Главным условием явился диаметр внутреннего кольца подшипника 12мм. Это позволит добиться дополнительного центрирования конструкции, в данном случае внутренняя обойма подшипника по резьбовой поверхности направляющей оси [37].

Вкладыш принимает участие в работе при установке подшипника в ступицу. Особенность его конструкции заключается в том, что он

вкладывается стакан и имеет наружный диаметр 47мм, в точности как и у устанавливаемого подшипника.

Однако, как можно заметить на рисунке 35, вкладыш 1 имеет проточку глубиной $t = 1\text{мм}$, и выступает за торец стакана 2 на 1мм.

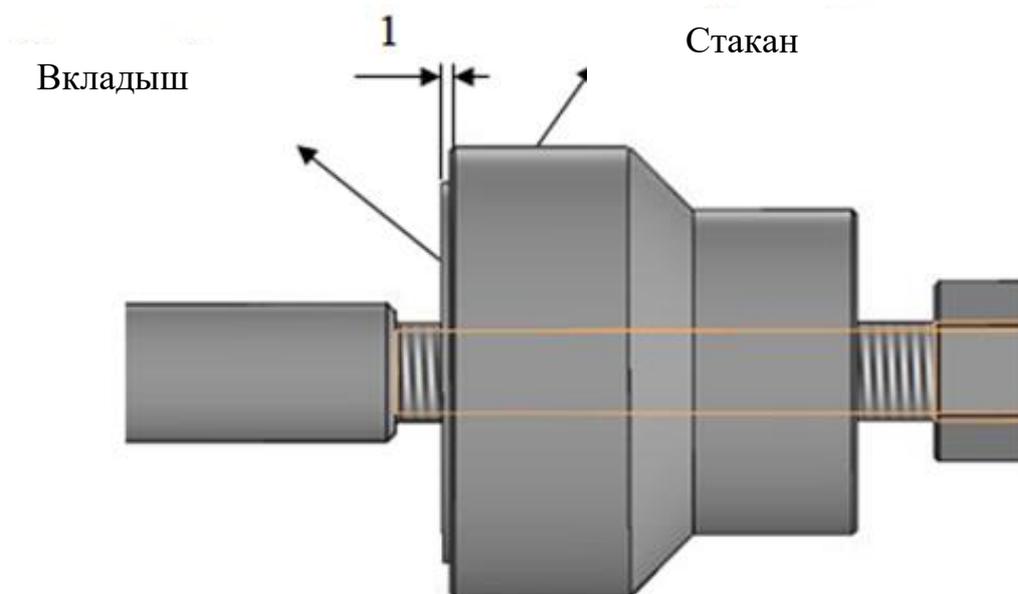


Рисунок 35 – Взаимодействие пары вкладыш/стакан

Такое решение позволяет избежать зажатия и последующего заклинивания подшипника после запрессовки, поскольку стакан упрётся во фланец ступицы, а подшипник утопится в посадочное место на 1мм, что достаточно для его плавной и мягкой работы [38].

Однако запрессовка подшипника без исполнения буртика, на глаз, может привести к тому, что подшипник окажется недопрессованным, не до конца посаженным. Тогда это повлечёт за собой нестабильность в процессе натяжки задней цепи, а именно, при закручивании задней оси, дистанционные втулки будут сдавливать колесо и подшипники под влиянием данной нагрузки

будут сами досаживаться в посадочное место, что не позволит жёстко затянуть заднее колесо.

4.4 Технология работы съёмника ступичного подшипника

На рисунке 36 представлена задняя ступица колеса от спидвейного мотоцикла и все изготовленные компоненты технологической оснастки. Подшипники и распорная втулка предустановлены в ступицу.

К комплекту съёмника также относится вспомогательный инструмент: ключ гаечный 19 мм и шестигранник 10 мм



Рисунок 36 – Изготовленные компоненты техоснастки

Как видно на иллюстрации выше, подшипники в ступице уже установлены. Это подшипники SKF6204 – 2RS.

В следующем подразделе будет показана технология работы спроектированной и изготовленной технологической оснастки.

Направляющая ось вставляется внутрь мотоциклетной ступицы, и упирается в хвостовую часть распорной втулки колеса, как было рассказано в п.п. 4.3.1 (рисунок 37).

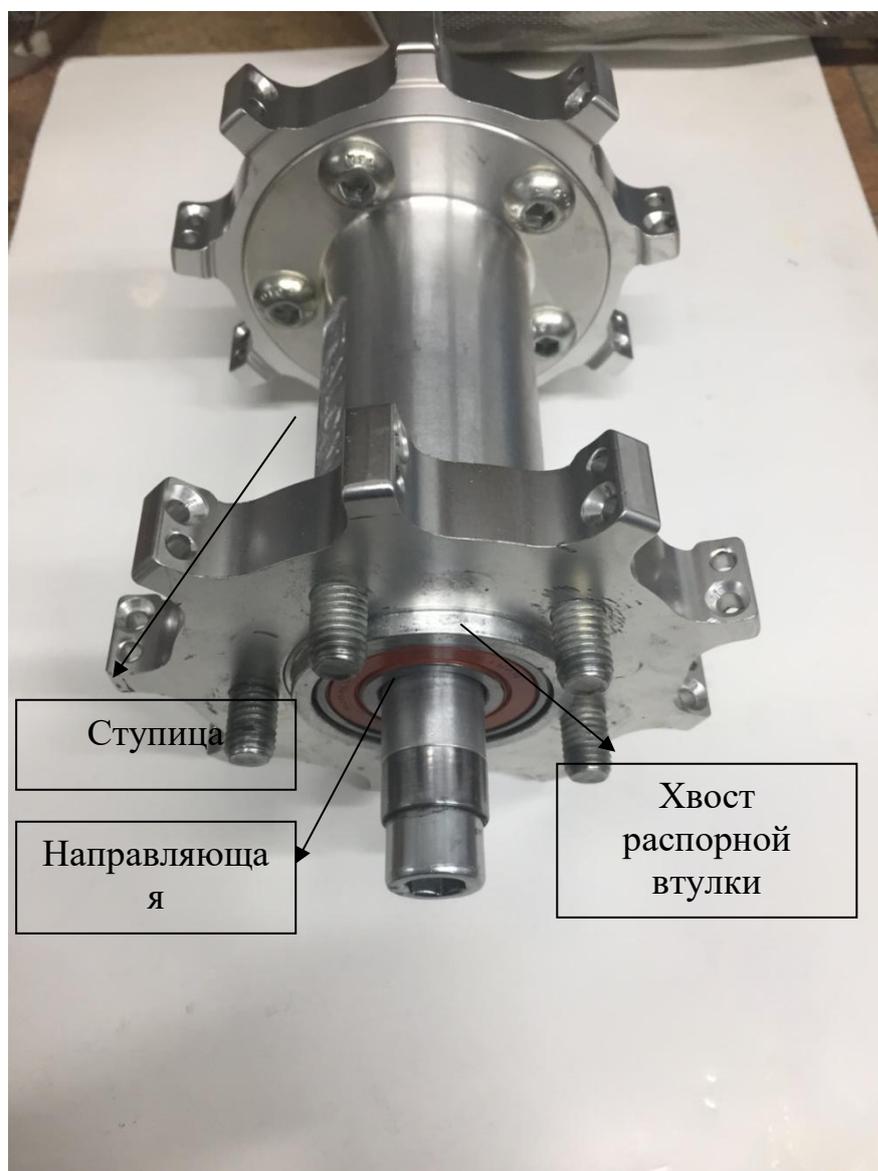


Рисунок 37 – Направляющая ось установлена внутрь ступицы колеса

Затем, с обратной стороны на направляющей оси устанавливается стакан и центруется на резьбовой части оси благодаря внутреннему кольцу подшипника, вмонтированного в стакан (рисунок 38).



Рисунок 38 – Стакан установленный на направляющей оси

Стакан вставляется до упора во фланец на ступице (рисунок 39). Таким образом стакан спозиционирован так, что оцентрирован по направляющей оси и

перпендикулярен оси внутреннего кольца подшипника колеса. Это обеспечивает качественный и равномерный демонтаж подшипника без перекосов, что положительно влияет на посадочное место, на котором не остается задиров, вмятин и вальцовки [39].



Рисунок 39 – Стакан, установленный с упором во фланец

Гайка М12 закручивается по резьбе на направляющей оси ключом на 19, в результате чего конструкция технологической оснастки стягивается стакан упёрт в ступицу, а направляющая ось выдавливает распорную втулку вместе с установленным на неё подшипником. Подшипник вываливается в полость стакана.

На рисунке 40 показано взаимодействие и положение комплектующих съёмника, подшипника и распорной втулки в процессе работы внутри ступицы в ходе проведения работ по снятию подшипника [5].

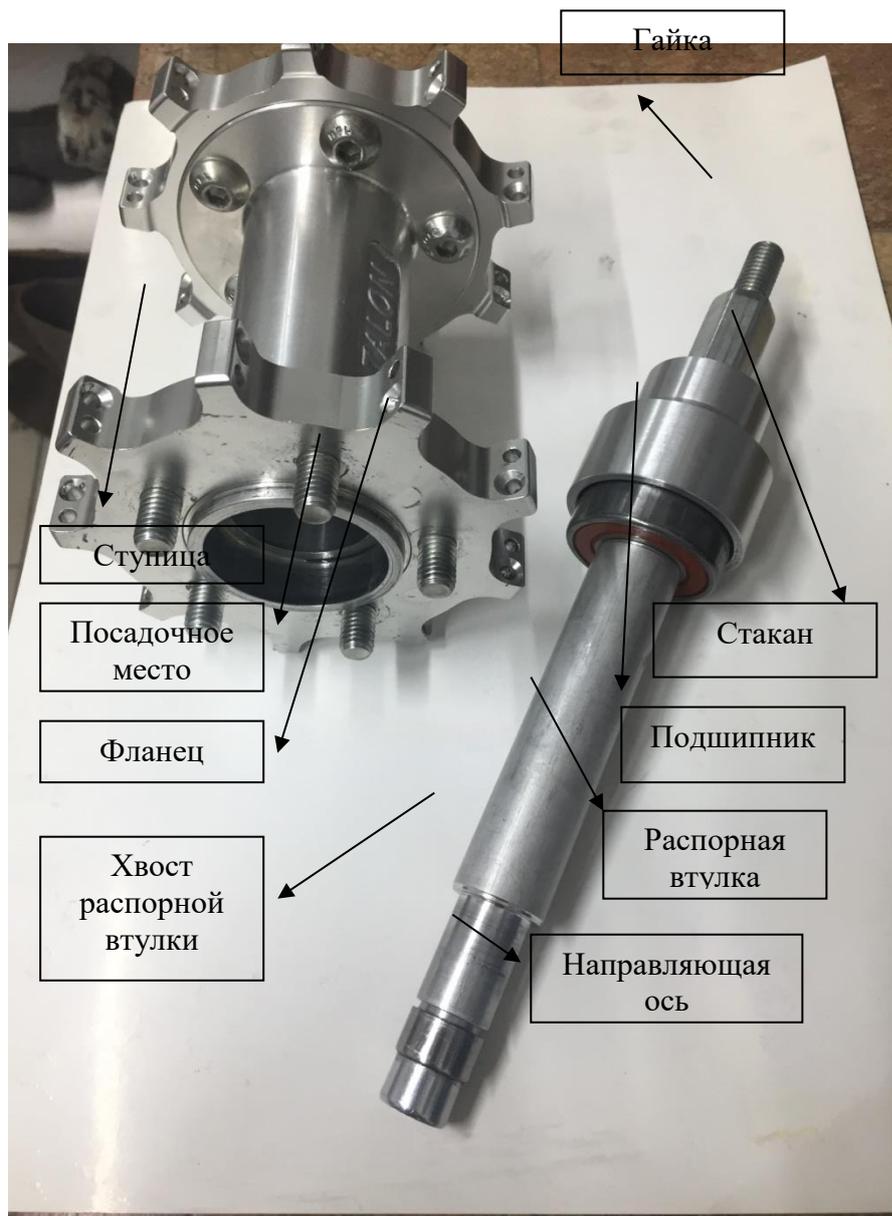


Рисунок 40 – Демонтаж подшипника, вид изнутри

Для снятия второго подшипника потребуется тот же комплект технологической оснастки и распорная втулка, с которой удаляется демонтированный на предыдущей операции подшипник.

Распорная втулка колеса надевается на направляющую ось и данная пара вставляется внутрь ступицы, причём свободная хвостовая часть распорной втулки проходит через внутреннюю обойму подшипника, чем достигается центрирование конструкции (рисунок 41).



Рисунок 41 – Демонтаж подшипника

Затем подобным, как и ранее, способом устанавливается стакан, наживляется гайка и происходит выпрессовывание оставшегося подшипника.

Результат проделанного демонтажа обоих подшипников из ступичного узла представлен на рисунке 42.



Рисунок 42 – Конечный результат извлечения подшипников

При демонтаже подшипников не исключено использование строительного фена для предварительного нагрева, но нагрев следует производить с внутренней стороны ступицы, что не расплавились сальники подшипников и не сгорели [8].

Перед началом установки подшипников в ступицу мотоциклетного колеса рекомендуется произвести предварительный нагрев посадочного места строительным феном в течение 5-10 мин [2].

Это обеспечит расширение металла в области места посадки подшипника и уменьшить натяг при запрессовке, что благоприятно повлияет на геометрию и качество поверхности посадочного места.

Также возможно использование смазки или машинного масла для облегчения процесса установки подшипников [3].

В посадочное место на ступице устанавливается упорная втулка и направляющая ось (рисунок 43).

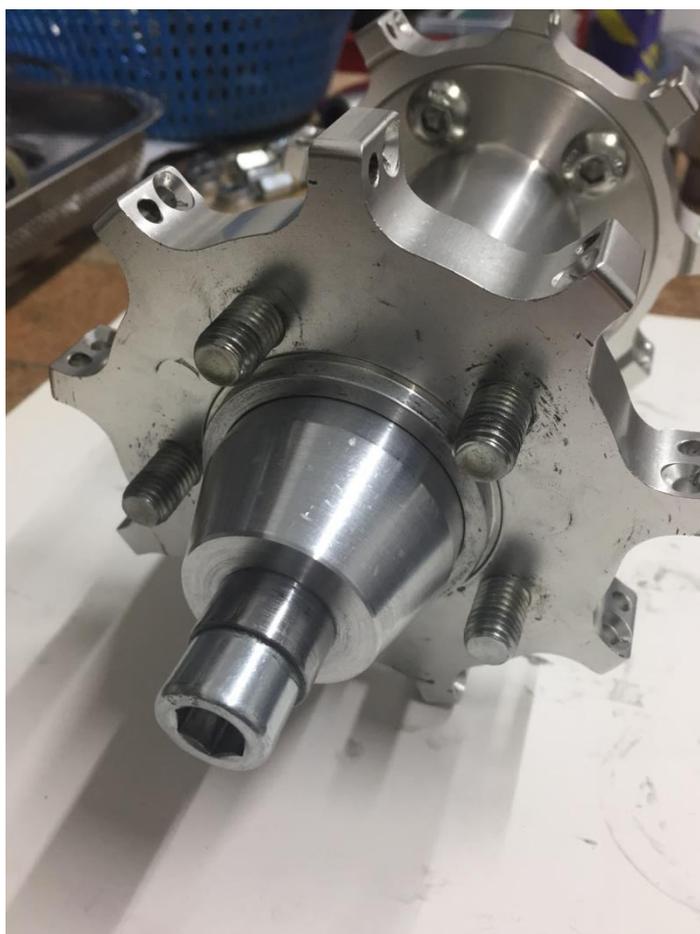


Рисунок 43 – Установка подшипников

На распорную втулку предварительно надевается монтируемый подшипник (рисунок 44) и устанавливаются на свободную часть направляющей оси. Внутреннее отверстие упорной втулки и хвост распорной втулки совпадают, чем обеспечивается центрирование системы.



Рисунок 44 – Подшипник установленный на распорную втулку

Возможно использование машинного масла или тонкий слой густой смазки для облегчения процесса установки.

В данном случае, при установке подшипников в ступицу деталь стакан будет выполнять свою функцию в купе с вкладышем.

Как было сказано в п.п. 4.3.3, вкладыш выступает за бурт стакана на 1мм, как показано на рисунке 45.

В этом случае, когда торец стакана упрётся в ступицу колеса, будет сигнализировать о том, что подшипник осел в посадочном месте на достаточную глубину.

Закручивание гайки на направляющую ось нужно прекратить, чтобы не зажать подшипник и не нарушить его работу.



Рисунок 45 – Вкладыш, вложенный в стакан

Таким образом, при монтаже подшипника, сигналом о его полной посадке в ступицу колеса будет сигнализировать смыкание бурта (торца) стакана с фланцем ступицы (рисунок 46).



Рисунок 46 – Процесс установки подшипника

Недопрессованный подшипник окажет отрицательное воздействие на затяжку колеса в раме мотоцикла.

Вкладыш, в данном случае, утопит подшипник в посадочное место на 1мм, чего достаточно для его качественной и правильной работы и позволит не зажать подшипник, избежав заклинивания (рисунок 47).

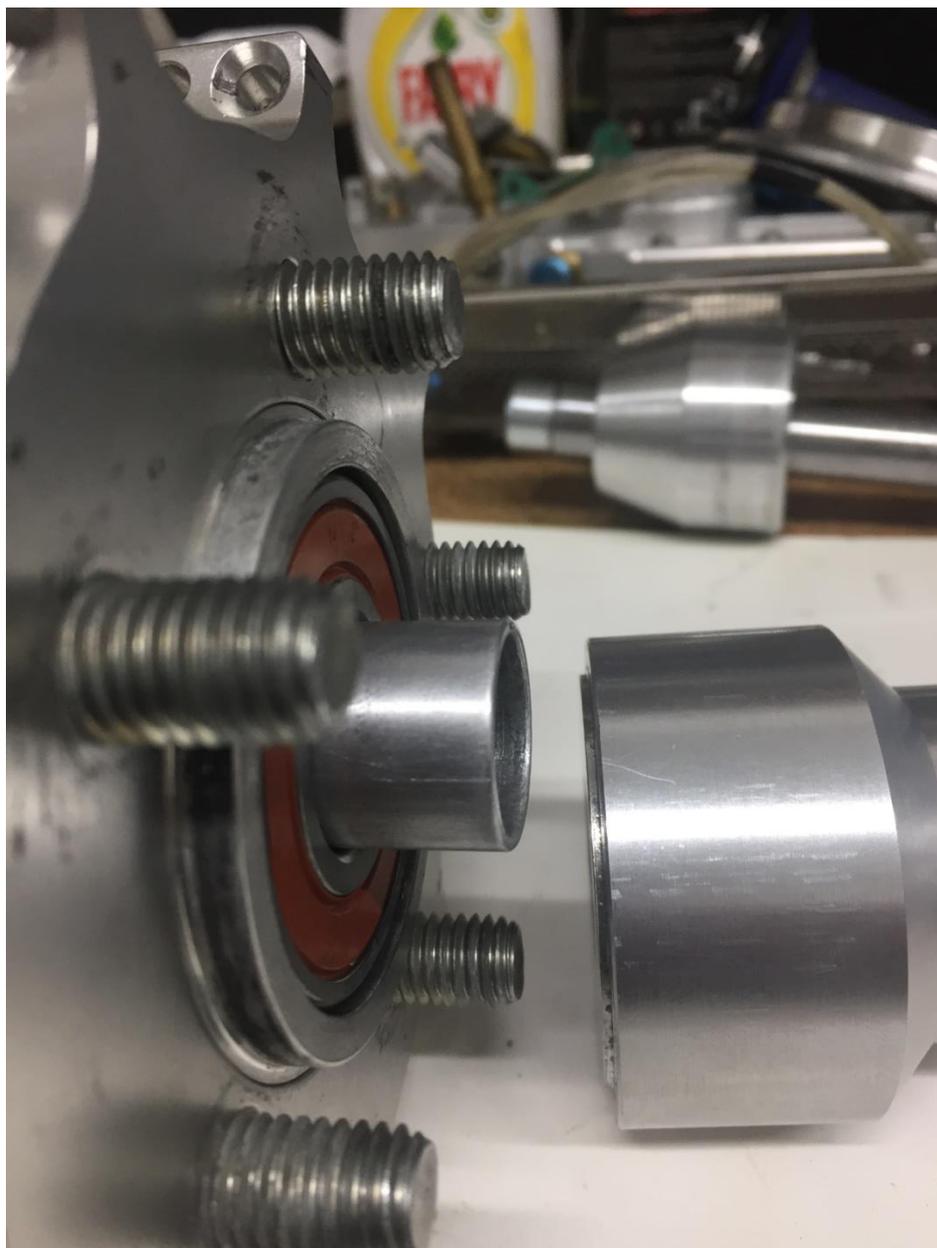


Рисунок 47 – Установленный подшипник с глубиной посадки 1мм

Перед установкой второго подшипника его также рекомендуется смазать по наружному кольцу, чтобы облегчить процесс установки.

Для установки второго подшипника направляющая ось и упорная втулка помещаются внутрь ступицы с обратной стороны. На хвост распорной втулки помещается подшипник, поджимается стаканом с вкладышем и происходит запрессовка подшипника путём давления, посредством закручивания гайки (рисунок 48).

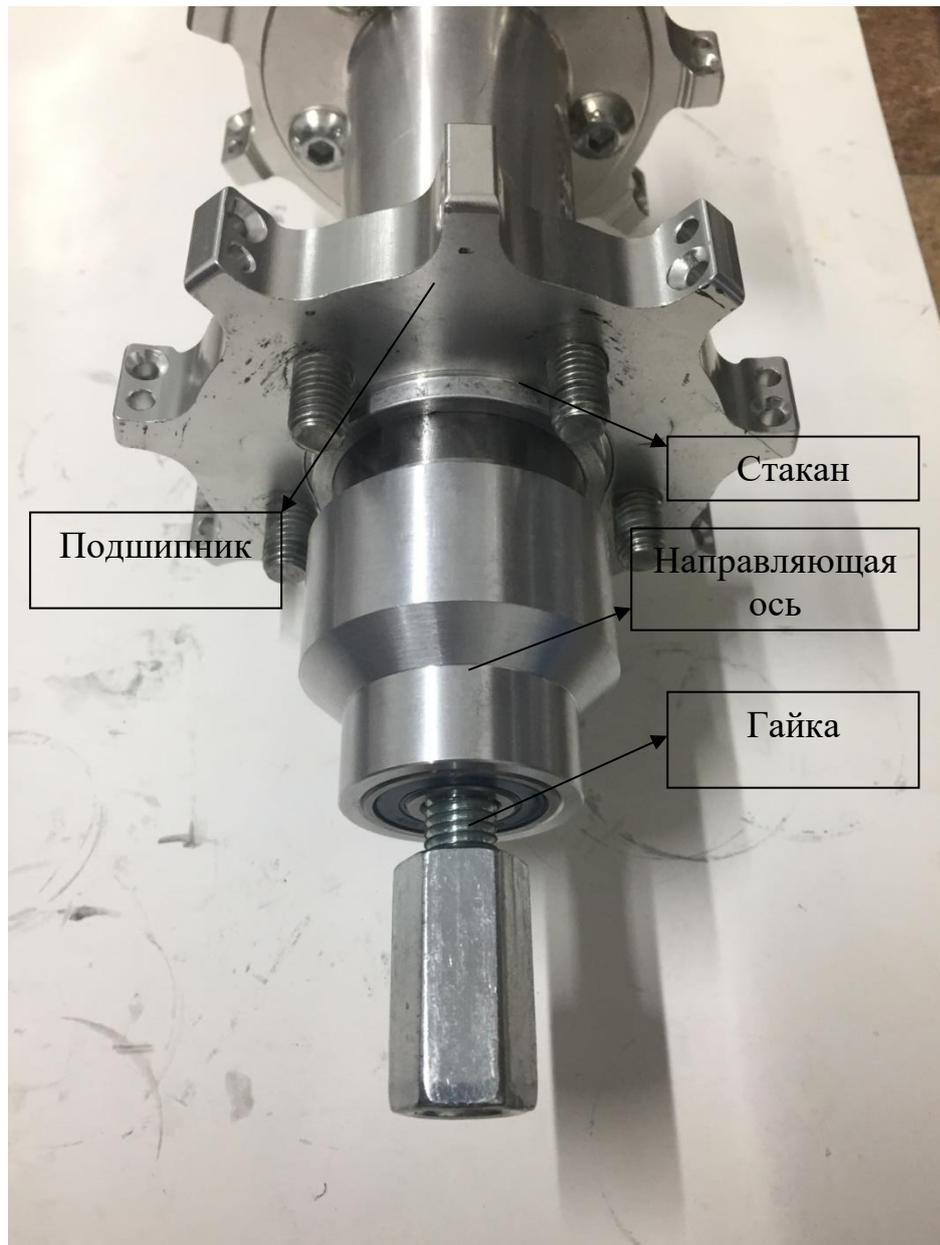


Рисунок 48 – Установка подшипника

В данном разделе магистерской диссертации была спроектирована технологическая оснастка съёмник ступичного подшипника колеса для спидвейного мотоцикла.

Оснастка спроектирована в модификации, комплектующие которой, позволяют произвести обслуживание заднего колеса. Комплект съёмника состоит из стакана, направляющей оси, упорной давящей втулки и вкладыша. В наборе со съёмником включены ключ гаечный на 19 мм и шестигранник 10 мм. Создана 3д модель съёмника, описаны конструктивные особенности всех элементов оснастки по отдельности.

Внесены корректировки в конструкцию некоторых комплектующих. Например, например деталь стакан применяется при извлечении подшипников из ступичного узла, в который вываливается подшипник.

Однако для запрессовки подшипников применяется вкладыш, работающий в паре со стаканом, в который он и вкладывается. Причём было решено изготовить вкладыш таким образом, чтобы он выступал за бурт стакана на 1 мм, что позволит утопить подшипник в посадочное место на эту же величину и избежать зажатия подшипника.

Показано поэтапное применение спроектированной технологической оснастки на практике, доказана её работоспособность и соблюдены все меры по достижению правильного позиционирования оснастки в процессе установки и снятия подшипников.

5 Обслуживание подшипников

5.1 Методы смазки

Перед установкой подшипников в ступицу колеса и их дальнейшим использованием, необходимо вскрыть пыльники и забить тела качения смазкой.

В качестве смазки для подшипников качения могут применяться жидкие и пластичные смазочные материалы.

Жидкая смазка или смазочное масло, обеспечивает беспрепятственное вращение подшипника, поскольку при таком типе смазке главным преимуществом является уменьшение потерь на трение. Подшипник крутится очень легко.

Но в спидвее мотоцикл постоянно подвергается мойке под высоким давлением, работе в условиях пыли, грязи, песка. Ввиду этого, для смазки подшипников используются пластичные материалы.

В руке подшипник не будет крутиться под своим весом, однако, поскольку этого и не требуется для условий работы спидвейного мотоцикла, густая смазка является целесообразным выбором средства защиты и смазывания.

Пластичная смазка значительно влияет на долговечность подшипника, поскольку надолго остаётся в сепараторе подшипника и не вытекает через сальники. Поскольку подшипник заднего колеса спидвейного мотоцикла не достигает температуры выше чем 150 градусов, пластичная смазка сможет обеспечить должное охлаждение подшипника и не потеряет своих свойств.

Ещё одним достоинством использования именно густой смазки является защита от коррозии и попадания пыли и грязи. В отличие от смазочного масла, пластичная смазка способна затормозить прямые потоки воды примойки мотоцикла или шлейф грязи из под колеса мотоцикла других гонщиков.

Наличие густой смазки внутри подшипника способствует снижению трения и частичной защите от скоротечного износа в случае, если песчинки уже попали в область дорожки для тел качения. Это возможно благодаря тому, что густая смазка задержит в себе нежелательные частицы мусора.

Для повышения защиты от влаги и грязи после установки подшипников в ступицу колеса, наносится не толстый слой густой смазки на пыльник подшипника, чтобы снизить риски попадания воды и песка через сальники.

5.2 Выбор смазочного материала

В качестве смазочного материала для подшипников заднего колеса мотоцикла для спидвея была выбрана линейка SKF, той же фирмы, что и подшипники [14].

Пластичная смазка SKFLGMT 2 – многоцелевая промышленная и автомобильная (рисунок 49). Применяется для ступичных подшипников автомобилей, конвейеров и вентиляторов, а также в электродвигателях. Максимальная температура работы 120 градусов. Обладает отличной термической стабильностью Эта пластичная смазка устойчива к окислению, обладает антикоррозионными свойствами и водостойкостью [15].



Рисунок 49 – Пластичная смазка SKFLGMT 2

Антизади́рная пласти́чная смазка SKFLGEP 2 – смазка на основе минерального масла с антизади́рными присадками (рисунок 50). Данная смазка получила широкое применение в механизмах общего назначения, которые работают в тяжелых условиях и в условиях вибрационных нагрузок.



Рисунок 50 –Пласти́чная смазка SKFLGEP 2

Данная смазка обладает отличными антикоррозионными и антизади́рными свойствами, что является большим преимуществом для спидвейных мотоциклов, учитывая их эксплуатацию в условиях грязи и песка, которые могут нести риск появления задиров и большой выработки в рабочей области тел качения [18].

Заключение

В данной магистерской диссертации спроектирована модель технологической оснастки для установки и снятия ступичных подшипников, разработан техпроцесс изготовления оснастки, на базе которого был достигнут требуемый результат.

Полученный съёмник относится к устройствам для обслуживания ступиц мотоциклетных колес в мотоспорте – в спидвее. Технический результат, который достигается при использовании спроектированного оснащения – увеличение срока службы ступицы и посадочных мест под подшипники в ней, а также снижение затрачиваемого времени на демонтаж и установку подшипников, например: забивание или выбивание слесарными молотками, киянками.

Спроектированная технологическая оснастка позволяет осуществлять качественную посадку подшипников благодаря выдержанным размерам и техническим требованиям к поверхностям комплектующих частей съёмника. А также предназначена для пространственного ориентирования подшипника в посадочном месте ступицы.

Особенностью технологии является то, что она относится к области единичного производства. Обеспечивает минимальные затраты на переналадку оснастки, и позволяет производить обслуживание не только заднего колеса, но и переднего.

Для достижения цели магистерской диссертации был выполнен ряд сопутствующих задач. Одной из наиважнейших явилась задача по разработке технологического стенда. Технология включила в себя изготовление отдельных комплектующих и переходников, определённую конфигурацию основания стенда и анализ для определения геометрической точности собранной конструкции.

Список используемых источников

1. Автомобильный справочник/ Б. С. Васильев, М. С. Высоцкий, К. Л. Гаврилов [и др.] ; под общ.ред. В. М. Приходько. - Москва : Машиностроение, 2004. - 704 с. : ил. - Прил.: с. 483-695. - Библиогр.: с. 696. - ISBN 5-217-03197-2 : 460-00. - Текст : непосредственный.
2. Базров Б. М. Модульная технология в машиностроении : [монография] / Б. М. Базров. - Москва : Машиностроение, 2001. - 367 с. : ил. - Прил.: с. 363-367. - Библиогр.: с. 362. - ISBN 5-217-03061-5 : 250-00. - Текст : непосредственный.
3. Базров Б. М. Основы технологии машиностроения : учебник для вузов / Б. М. Базров - Гриф МО. - Москва : Машиностроение, 2005. - 736 с. : ил. - (Для вузов). - Библиогр.: с. 736. - ISBN 5-217-03255-3 : 450-00. - Текст : непосредственный.
4. Базров Б. М. Технология сборки машин : учебное пособие для вузов / Б. М. Базров, О. В. Таратынов, В. В. Клепиков. - Москва : Спектр, 2011. - 363, [1] с. - Библиогр.: с. 364. - ISBN 978-5-904270-54-4 : 100-00. - Текст : непосредственный.
5. Бейзельман Р.Д., Цыпкин Б.В., Перель Л.Я. Подшипники качения. Справочник. М., «Машиностроение», 1975, 126 с.
6. Городецкий Ю.Г. Приборы и автоматы для контроля подшипников. Машиностроение. 1973 - 189 с.
7. Горохов В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учебник для вузов / В. А. Горохов, А. Г. Схиртладзе. - Гриф УМО. - Старый Оскол : ТНТ, 2008. - 301 с.
8. Карпухин И. М. Посадки приборных и шпиндельных шарикоподшипников: Справочник. — М.: Машиностроение, 1978, 150 с.
9. Ковалев М.П. Народецкий М.З. Расчет высокоточных подшипников. М., Машиностроение, 1975 – 185 с.

10. Козулин М. Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций : учеб.пособие для вузов / М. Г. Козулин. - ТГУ ; гриф УМО. - Тольятти : ТГУ, 2002. - 286 с. : ил. - Предм. указ.: с. 276-283. - Библиогр.: с. 275. - ISBN 5-8259-0104-3 : 28-00. - Текст : непосредственный.

11. Марочник сталей и сплавов / сост. А. С. Зубченко [и др.] ; под ред. А. С. Зубченко. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2003. - 782 с.

12. Михайлов А. В. Основы проектирования технологических процессов механосборочного производства : учеб.пособие / А. В. Михайлов, Д. А. Расторгуев, А. Г. Схиртладзе. - Гриф МО ; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2004. - 267 с. : ил. - Библиогр.: с. 264-267. - ISBN 5-8259-0172-8 : 143-64. - Текст : непосредственный.

13. Михайлов А. В. Технологические основы обеспечения качества изготовления деталей в машиностроении : учеб.пособие для вузов / А. В. Михайлов, О. И. Драчев, А. Г. Схиртладзе ; Министерство образования РФ ; ТГУ. - Гриф УМО. - Тольятти : ТГУ, 2004. - 164 с. : ил. - Библиогр.: с. 162-164. - ISBN 5-8259-0191-4 : 81-58. - Текст : непосредственный.

14. Нарышкин В.Н., Коросташевский Р.В. Подшипники качения. Справочник-каталог. Машиностроение. 1984 – 150 с.

15. Перель Л.Я. Подшипники качения. Расчет, проектирование и обслуживание опор. Справочник (1983) – 149 с

16. Проектирование технологии автоматизированного машиностроения : учеб.для вузов / И. М. Баранчукова, А. А. Гусев, Ю. Б. Крамаренко [и др.] ; под ред. Ю. М. Соломенцева. - 2-е изд., испр. - Москва :Высш. шк., 1999. - 416 с. : ил. - (Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств / [редкол.: Ю. М. Соломенцев и др.]). - Прил.: с. 395-410. - Предм. указ.: с. 412-415. - Библиогр.: с. 411-412. - 61-60. - Текст : непосредственный.

17. Расторгуев Д. А. Сборка в машиностроении : электронное учебно-методическое пособие / Д. А. Расторгуев ; М-во науки и высшего образования

РФ, ТГУ, Институт машиностроения. - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2021. - 111 с. - Прил.: с. 38-110. - Библиогр.: с. 36-37. - Режим доступа: Репозиторий ТГУ. - ISBN 978-5-8259-1567-8. - Текст : электронный.

18. Расторгуев Д. А. Технологическая часть выпускной квалификационной работы машиностроительного направления [Электронный ресурс] : электронное учеб.-метод. пособие / Д. А. Расторгуев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. «Оборудование и технологии машиностроит. пр-ва». - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2017. - 34 с. : ил. - Библиогр.: с. 31-34. - ISBN 978-5-8259-1145-8.

19. Риппел Г. Проектирование гидростатических подшипников. М., «Машиностроение», 1967 – 230 с.

20. Спицын Н.А. и др. Расчет и выбор подшипников качения. М., «Машиностроение», 1974 – 200 с.

21. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А. М. Дальский, А. Г. Суслов, А. Г. Косилова [и др.] ; под ред. А. М. Дальского [и др.]. - 5-е изд., испр. - Москва : Машиностроение-1, 2003. - 941 с. : ил. - Предм. указ.: с. 928-941. - Библиогр. в конце гл. - ISBN 5-217-03083-6 : 2147-73. - Текст : непосредственный.

22. Технология машиностроения : учеб.для вузов. В 2 т. Т. 2. Производство машин / В. М. Бурцев, А. С. Васильев, О. М. Деев [и др.] ; под общ.ред. Г. Н. Мельникова. - Изд. 2-е, стер. - Москва : Изд. МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. - 639 с. : ил. - Библиогр.: с. 633-6. - ISBN 5-7038-1285-2 : 62-73. - Текст : непосредственный.

23. Технологические наладки механической обработки и сборки в машиностроении : учеб.пособие / А. Г. Схиртладзе, В. В. Морозов, О. И. Драчев [и др.]. - Гриф УМО ; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2003. - 179 с. : ил. - Библиогр.: с. 178. - ISBN 5-89368-358-7 : 171-00. - Текст : непосредственный.

24. Технология машиностроения. Специальная часть : учебник для вузов / А. С. Ямников, М. Н. Бобков, Г. В. Малахов [и др.] ; под ред. А. А. Маликова, А. С. Ямникова. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. - 344

- с. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/98478.html> (дата обращения: 21.06.2021).
- Режим доступа: Электронно-библиотечная система «IPRbooks». - ISBN 978-5-9729-0425-9. - Текст : электронный.
URL: <https://www.iprbookshop.ru/98478.html>
25. Черменский О.Н., Федотов Н.Н. Подшипники качения. Справочник-каталог. Машиностроение. 2003.
26. A Review Paper on Analysis of Ball Bearing Cage, KatariaMahendra B, Assistant Professor, Mechanical Engg. Dept, Aditya silver Oak Inst. Of Tech, Ahmedabad, India https://www.researchgate.net/profile/Kataria-Mahendra/publication/325010256_A_Review_Paper_on_Analysis_of_Ball_Bearing_Cage/links/5af125e6458515c2837512da/A-Review-Paper-on-Analysis-of-Ball-Bearing-Cage?origin=publication_detail
27. A study of bearing and its types, Chetan P. Chaudhari, Bhushan B. Thakare, Saurabh R. Patil, Shrikant U. Gunjal International Journal of Advance Research In Science And Engineering IJARSE, Vol. No.4, Special Issue (01), March 2015 https://www.researchgate.net/profile/Shrikant-surikanta-Gunjal-gunzaru/publication/280722544_A_STUDY_OF_BEARING_AND_ITS_TYPES/links/55c2ee0a08aeca747d5dda63/A-STUDY-OF-BEARING-AND-ITS-TYPES.pdf?origin=publication_detail
28. Design Optimisation of Rolling Element Bearings TolgahanSahin, Ismail Sahin<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/748212>
29. Grote K.-H., Antonsson E.K. Springer Handbook of Mechanical Engineering / K.-H Grote, E.K. Antonsson – New York : Springer Science - Business Media, 2008.
30. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology. Editors: Andrew Y. C. Nee. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4670-4>. Publisher: Springer Berlin, Heidelberg. Series ISBN 978-1-4471-4669-8. P.3500
31. Nee A. Y. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee – London : Springer Reference, 2015.

32. «Optimal design of tapered roller bearings for maximum rating life under combined loads» Eugenio Dragoni <https://mechanics-industry.org/articles/meca/pdf/2017/01/mi150179>
33. Research and Application of Virtual Simulation Technology in the Aerospace Bearing Design and Manufacture», Liu Jiangshan and Chen Ming <https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2018/10/mateconf>
34. «Research on advances in roller bearing manufacturing», I Mehmet, G Dogan, D F, Chitariu, C Dumitraş and F Negoescu Technical University GHEORGHE ASACHI Iaşi, Faculty of Machine Manufacturing and Industrial Management, 700050 B-dul Prof. Mangeron No.59A, Romania
35. «Research on ball bearing model based on local defects», Hongchuan Cheng, Yimin Zhang, Wenjia Lu, Zhou Yang <https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-019-1251-4>
36. Springer Handbook of Mechanical Engineering. Editors Karl-Heinrich Grote, Hamid Hefazi, Series Title// Springer Handbooks DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-47035-7>. Publisher: Springer Cham. ISBN: 978-3-030-47034-0. P. 1316
37. Springer Handbook of Materials Measurement Methods. Editors: Horst Czichos, Tetsuya Saito, Leslie Smith. Series Title: Springer Handbooks. DOI <https://doi.org/10.1007/978-3-540-30300-8>. Publisher: Springer Berlin, Heidelberg. Series ISSN: 2522-8692. P.1215.
38. «The problems of mathematical modelling of rolling bearing vibrations», M. Wrzochal and A. Adamczak <https://www.journal.pan.pl>
39. «Vibration Analysis of Rolling Element Bearings» Konstantinos Kamaras, Anastasios Garantziotis, Ilias Dimitrakopoulos <https://fnt.com.cy/images/Rolling%20Element%20Bearings%20Vibration%20Analysis.pdf>