

Шумность – это ключевой параметр оценки качества смазки. SKF активно разрабатывает испытательное оборудование для измерения шумности смазок. Новейшее устройство этого типа на рынке – тестер SKF Grease Test Rig BeQuiet+.

# Испытание ШУМНОСТИ СМАЗКИ В ПОДШИПНИКАХ качения

**РАЗРАБОТКИ КОМПАНИЕЙ SKF** оборудования для исследования шумности смазок основаны на заинтересованности клиентов в бесшумной работе подшипников с увеличенным ресурсом. Тестер SKF Grease Test Rig BeQuiet+ позволяет оценивать качество смазки с учётом её чистоты и шумопоглощения.

Технологический центр качества SKF в Штайере, Австрия, отвечает за развитие, производство и продажу оборудования для испытания смазок. Работы ведутся в тесном сотрудничестве с Центром научных исследований и разработок SKF в Нидерландах.

SKF – ведущая компания на рынке технологий испытания смазок. Структура испытаний была улучшена за счёт многолетних трибологических исследований и успешно на протяжении многих лет использовалась SKF в промышленном производстве. Устройство SKF BeQuiet для испытания шумности смазки оказалось настолько успешным, что стало стандартным оборудованием.

В промышленности стенды для испытания смазок рекомендуются в качестве инструмен-

тов для производителей смазок в разработке и контроле качества изделий. Производители подшипников могут использовать испытательные машины для выбора лучшей смазки на рынке и для входного контроля партий смазок, а пользователь может оценивать качество смазки в процессе работы.

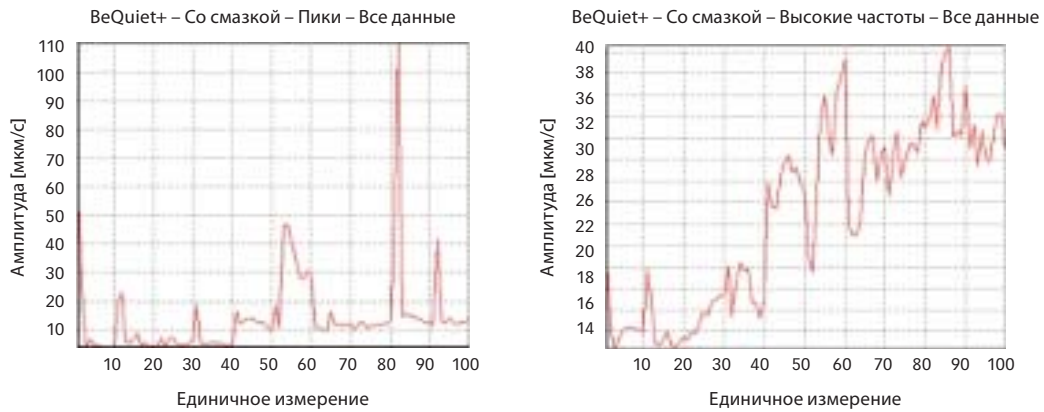
## **Важность чистоты смазки**

Теория SKF о ресурсе подшипника подчёркивает наиважнейшее значение чистоты смазки для его долгого срока службы. В случае применения пластичной смазки множество факторов влияют на степень её чистоты в процессе эксплуатации, но для первичного смазывания и при замене смазки её чистота – обязательное требование. В тех случаях, когда усталостный ресурс не имеет принципиального значения (например, из-за очень малых нагрузок) необходимость в чистых смазках, тем не менее, остаётся крайне важной, в частности для малой шумности подшипников, например, в электродвигателях, вентиляторах и пр.

К примеру, в поле вентиляторные подшипники должны →



**Рис. 1. Тестер шумности смазки SKF Grease Test Rig BeQuiet+.**



**Рис. 2. Запись вибрационных пиков загрязнённой смазки. Пример: крупные частицы в литий-кальциевой смазке вызывают сигнал, увеличивающийся со временем, для пиковых измерений и высоких частот, указывая на разрушение дорожки качения подшипника.**

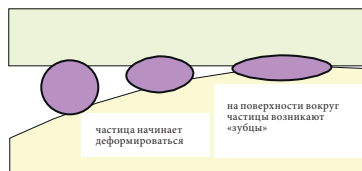
работать предельно бесшумно. Понятно, что производители электродвигателей требуют подшипники с предельно низким уровнем вибрации и без раздражающего шума. А это требует предельно чистой малозумной смазки.

Ресурс подшипников в автомобильных коробках передач должен быть равен сроку службы автомобиля. В коробках передач подшипники подвергаются воздействию инородных тел, которые часто попадают в масло с шестерён. Частицы, попадающие под элементы качения, повреждают дорожки качения, образуя «зубцы», повышающие уровень давления на своих выступах, что усиливает процессы старения, приводящие к разрушению поверхностей. Это, в свою очередь, ведёт к повышению шумности и в конце концов к усталостному разрушению подшипника.

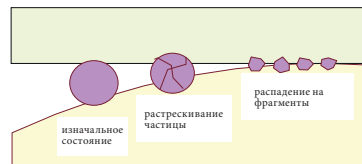
**Как возникает шум**

Поскольку толщина плёнки, разделяющей контактирующие поверхности в точке качения, очень мала (обычно меньше микрона), ясно, что любая частица большего размера будет мешать плавному движению. На рисунке 2 показана запись вибрационных пиков загрязнённой смазки. Вибрационные

пики регистрируются в результате фильтрации кратковременных эффектов «переезда» через частицы от общего сигнала. «Переезд» более крупных частиц может оставить постоянные «зубцы» на дорожках качения (рис. 3). Если это случается, общий сигнал со временем будет увеличиваться, указывая на то, что исходно высокое качество подшипника утрачено из-за применения смазки недостаточ-



**Рис. 3. «Переезд» более крупных частиц оставляет «зубцы» на дорожках качения. Общий сигнал будет увеличиваться, указывая на то, что качество подшипника утрачено из-за применения смазки недостаточной чистоты.**



**Рис. 4. «Переезд» хрупких, раскалывающихся частиц вызывает мелкие повреждения. Они могут вызывать большие вибрационные пики, но, поскольку твёрдость этих частиц невелика, «переезд» не оставляет заметных «зубцов».**

ной чистоты. «Переезд» хрупких, раскалывающихся частиц вызывает мелкие повреждения на поверхности подшипника (рис. 4).

Проведённые эксперименты показали, что «переезды» частиц можно разделить на четыре разных класса качества: грязный, шумный, чистый и тихий. Эта классификация определяется следующим образом:

*Грязный*

Твёрдость и размер частиц таковы, что «переезд» приводит к стойкому повреждению контактных поверхностей, повышающему общую шумность и снижающему ресурс подшипника.

*Шумный*

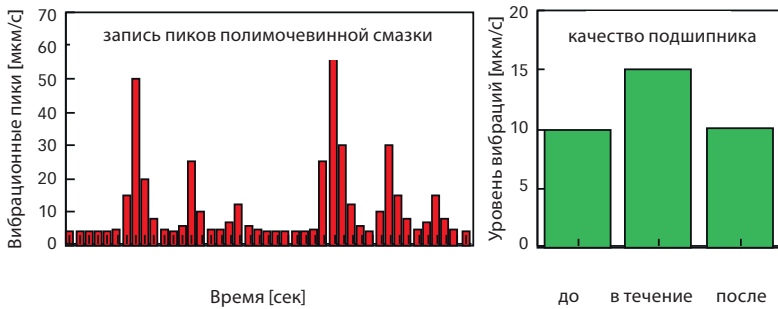
Твёрдость и размер «переезжаемых» частиц таковы, что они могут повредить контактные поверхности; это приводит к значительному увеличению шумности подшипника, но не до такой степени, чтобы отрицательно сказаться на ресурсе подшипника.

*Чистый*

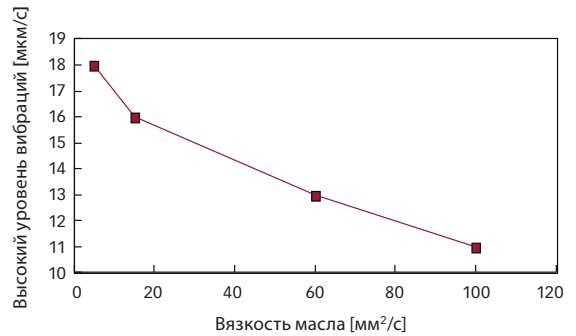
Твёрдость и размер «переезжаемых» частиц вызывают заметные вибрационные пики, но без стойких повреждений контактных поверхностей подшипника.

*Тихий*

Высочайший уровень чистоты, для него характерно минималь-



**Рис. 5. Запись вибрационных пиков чистой смазки: полимочевинная смазка.**



**Рис. 6. Шумопоглощающие характеристики: пример – эффект вязкости масла.**

ное количество частиц, создающих вибрационные пики.

Смазки «грязного» класса редко встречаются среди поставляемых, однако такое состояние может возникать в процессе эксплуатации из-за неблагоприятных условий работы.

На рынке есть некоторое количество смазок, попадающих в класс «шумных» из-за используемого загустителя или включения твёрдых добавок. Типичным примером являются некоторые смазки с кальциевыми комплексами, содержащие крупные частицы солей кальция, которые вызывают маленькие постоянные «зубцы» (рис. 3).

Большинство применяемых сейчас смазок попадают в класс «чистых». Типичными примерами могут служить полимочевинные смазки, в которых могут присутствовать крупные агломераты загустителя. Эти смазки могут вызывать большие вибрационные пики, но, поскольку твёрдость этих частиц невелика, «переезд» не оставляет заметных «зубцов» (рис. 5).

Лишь очень небольшое количество смазок можно классифицировать как «тихие». Типичный пример – смазки с литиевым мылом, которые производят в чистой среде и по технологии, отфильтровывающей

неподходящие частицы, придавая мылу тонкую структуру.

Целью нового тестера SKF Grease Test Rig BeQuiet+ является определение качества смазки в соответствии с этими уровнями для того, чтобы разрабатывать, улучшать или идентифицировать тихие смазки. Сравнение шумопоглощающих характеристик разных смазок нужно проводить на одном и том же типе подшипников, собранных одинаковым способом. Выбрать смазку с оптимальными шумопоглощающими характеристиками можно только при выполнении вышеназванных требований.

Выявлено много свойств смазки, определяющих её шумопоглощающие характеристики. Для масел важными свойствами оказываются вязкость, тип масляной основы и типы присадок. Часто выявляется явная тенденция к увеличению шумопоглощения с ростом вязкости масла (рис. 6). Для пластичных смазок шумопоглощающие характеристики могут быть совершенно незакономерными, возможно и из-за того, что значение имеют тип и микроструктура загустителя. Определяющее значение могут иметь влияющие на смачиваемость присадки с высоким поверхностно-коррозионным действием.

Тестер шумности смазок SKF Grease Test Rig BeQuiet+ даёт

производителям возможность разрабатывать смазки с высочайшими шумопоглощающими характеристиками. Для производителей подшипников этот инструмент тоже важен, например, для выбора смазки с самым высоким шумопоглощением.

### Порядок измерения

Порядок измерения тестером SKF Grease Test Rig BeQuiet+ (рис. 1) был утверждён международными стандартами, в частности, ISO 15242 и ANSI/ABMA 13-1987.

Эти стандарты определяют подходящие полосы частот и другие предельные условия для оценки качества смазок по шумности. Внутреннее кольцо подшипника вращается со скоростью 1 800 об/мин; датчик скорости на внешнем (не вращающемся) кольце измеряет радиальное движение наружного кольца.

Программное обеспечение отделяет три диапазона частот (низкий, средний и высокий) от измеряемого вибрационного сигнала. Согласно исследованиям, низкочастотный шум принадлежит собственно подшипнику. Поэтому для оценки шумности поведения смазки используются только средний и высокий диапазоны. Полученный сигнал математически

## Тестеры смазок SKF, полная серия товаров для производства смазок

- SKF Grease Test Rig BeQuiet+: тестер шумности смазок
- SKF Grease Test Rig R0F+: испытательный стенд для определения срока службы
- SKF Grease Test Rig RHF1: испытательный стенд для определения срока службы при высоких скоростях
- SKF Grease Test Rig EMCOR: испытательный стенд для определения коррозионной стойкости (стандартизованный)
- SKF Grease Test Rig V2F: испытательный стенд буксовых подшипниковых узлов железнодорожных вагонов
- (стандартизованный)
- SKF Grease Test Rig R2F: испытательный стенд для определения механо-динамических характеристик
- SKF Grease Test Rig RST: испытательный стенд для определения сопротивлений сдвига смазки (стандартизованный)

фильтруется и затем анализируется в соответствии с методом измерения SKF BeQuiet+ и (или) по методу оценки MGG 11.

### Метод измерения BeQuiet+

Преимуществом метода измерения BeQuiet+ является уникальность хода исследования и уровня автоматизации. Полностью автоматизированная процедура состоит из повторных введений дозы смазки в подшипник и записи уровня и пиков вибрации. Эта процедура исключает попадание частичек грязи извне, что могло бы исказить результаты измерения, и делает возможным использование того же самого подшипника для разных тестов без необходимости демонтажа. Метод может быть полезным для определения «повреждающих» характеристик грязных смазок в последовательности: эталонная смазка – испытываемая смазка – эталонная смазка.

Ключевой частью испытательного стенда является SKF Peak Detection Algorithm - алгоритм SKF по определению пика, позволяющий выделять пики из общего вибрационного сигнала подшипника. Величина выявленных пиков используется для оценки характеристики тихой работы в количественном выражении. Это даёт возможность пользователю сравнивать результаты определяемых образцов.

### Метод измерения MGG 11

Выбранные радиальные шарикоподшипники 608 очищаются и консервируются в калибрующем масле. Их шумовые характеристики определяются и сохраняются в качестве эталонных. Это соответствует реальным условиям – в конце производственного процесса подшипники прежде консервируются, а уже потом смазываются.

После определения эталонного состояния подшипники смазываются и проводится испытание их шумовых характеристик.

Данные измерений обрабатываются, и определяется класс шумности по алгоритму MGG 11, запущенному на тестере смазок BeQuiet+. Результаты описывают класс шумности и начальные шумовые характеристики. Это позволяет прекрасно классифицировать испытываемые смазки. Метод испытания MGG 11 даёт производителям и потребителям ценные подробности о качестве и однородности смазки, пригодные как для разработки новых смазок, так и для обычных проверок. Далее можно провести испытание долгосрочного поведения смазок и консервирующих масел и их совместимости.

С помощью нового программного обеспечения BeQuiet+ можно проводить испытания шумности смазки в соответствии со спецификациями SKF и MGG 11 на единственной системе.

Программа объединяет преимущества двух систем. Система измеряет следующие параметры смазки, являющиеся главными для применения в подшипниках:

- Классификация шумности работы смазки по показателю «переезда» частиц
- Определение стойких повреждений подшипника смазкой
- Шумопоглощающие характеристики смазки
- Начальные характеристики смазки
- Постоянный рабочий шум смазки
- Шумовые пики среднего и высокого диапазонов
- Сравнение смазок по их шумопоглощающим характеристикам.

В дополнение к тестерам смазок SKF Grease Test Rig BeQuiet+ компания SKF предлагает полную серию товаров для производства смазок, гарантирующих подшипниковым системам долговую и бесшумную жизнь. ●

Авторы: Максимилиан Бишлер, Технологический центр качества, SKF Österreich, Австрия

## РЕЗЮМЕ

Проверка шумности – важный способ, помогающий определить качество смазки. Компания SKF – один из лидеров в разработке систем для практического измерения шумовых характеристик смазок; режимы тестирования, разработанные SKF, приняты в отрасли в качестве стандарта. Самым новым устройством этого типа на рынке является тестер шумности смазки SKF Grease Test Rig BeQuiet+.