

Мониторинг, защита и диагностика роторного оборудования по параметрам вибрации



Системы мониторинга, диагностики и защиты от вибрации роторного оборудования являются наиболее эффективным средством снижения затрат при переходе на техническое обслуживание машин и оборудования по их фактическому состоянию. Такой вид техобслуживания позволяет осуществлять своевременный и безопасный вывод объекта контроля из эксплуатации в ремонт до наступления аварийной ситуации. Эффективные решения в данной сфере строятся на платформе Rockwell Automation Entek, они позволяют производить весь спектр измерений, необходимых для вибрационного мониторинга, защиты и диагностики состояния различного роторного оборудования.

Концерн Rockwell Automation является мировым лидером в сфере автоматизации производственных процессов и, объединив в своем составе такие брэнды, как Entek Scientific, Allen-Bradley и IRD Mechanical, предлагает широчайший спектр продуктов и услуг, которые используют сотни производителей для оптимизации и повышения эффективности своего производства.

Обслуживание и мониторинг состояния роторного оборудования

Эффективность эксплуатации машин и механизмов во многом определяется совершенством методов технического обслуживания и ремонта.

Традиционный планово-предупредительный метод обслуживания и ремонта не гарантирует безаварийную работу оборудования в межремонтный период и зачастую предполагает ремонт фактически исправного оборудования, что ведет к излишнему росту эксплуатационных затрат. Существенного снижения затрат на поддержание работоспособности оборудования фондоемких предприятий можно добиться за счет перехода на обслуживание и ремонт оборудования по фактическому состоянию.

По данным независимой ассоциации MIMOSA, в которую входят руководители и технические специалисты многих научных институтов и промышленных предприятий разных стран, при переходе на обслуживание по фактическому состоянию, или проактивное обслуживание, экономия средств составляет в среднем от 4 до 7 долларов США в год на единицу мощности (одну лошадиную силу).

Более эффективный и прогрессивный способ технического обслуживания и ремонта ответственного роторного оборудования по фактическому состоянию основывается преимущественно на использовании параметров вибрации ввиду большой информационной емкости вибрационных процессов и высокой чувствительности к возникновению неисправностей.

На сегодняшний день существует надежное решение для вибрационного мониторинга, защиты и диагностики на основе платформы Rockwell Automation Entek, позволяющее предприятиям различных отраслей исключить возможность внезапных поломок, приводящих к дорогостоящему и длительному выводу оборудования из эксплуатации, а также минимизировать стоимость содержания и технического обслуживания.

Применение уникального опыта и разработок Entek в сфере вибрационного мониторинга, диагностики и моделирования дефектов промышленного оборудования дает возможность:

- ▶ своевременного обнаружения, локализации и последующего устранения дефекта;
- ▶ уточнения причин возникновения и развития дефекта, оценки влияющих факторов;
- ▶ снижения интенсивности проявления дефекта (отказа) при наиболее ответственных режимах работы и эксплуатации машины;
- ▶ улучшения организации работ по разработке и внедрению мероприятий, направленных на устранение дефекта;
- ▶ получения экономического эффекта благодаря снижению затрат на внедрение мероприятий, предотвращающих дефект или устраняющих неисправность, а также затрат производства на изготовление деталей;
- ▶ облегчения взаимодействия с изготовителем машин и с организациями, производящими техническое обслуживание и ремонт оборудования при возникновении конфликтных ситуаций, особенно в начальном периоде массового проявления дефектов и организации действий по их устранению.

Вибрационная диагностика

Переход на обслуживание и ремонт оборудования по фактическому состоянию невозможен без эффектив-

ного контроля состояния оборудования с обнаружением всех потенциально опасных дефектов на стадии зарождения и долгосрочным прогнозом их развития.

В условиях интенсификации производства и эксплуатации машинного оборудования задачей исключительной важности является разработка эффективных средств оперативного контроля параметров технического состояния оборудования на всех этапах его жизненного цикла, начиная с этапов проектирования и изготовления и заканчивая этапами эксплуатации и ремонта. Использование современной микропроцессорной техники совместно с новыми методами обработки измерительной информации позволяют обеспечить комплексную оценку технического состояния машинного оборудования в рабочих условиях без его демонтажа. При этом на передний план выдвигаются именно методы вибрационного контроля и диагностики. Актуальность этих методов обусловлена наибольшей чувствительностью к изменению колебательных свойств объекта диагностирования под воздействием возникших неисправностей.

Основным видом технического обслуживания машин и механизмов, применяющимся в промышленности в настоящее время, является планово-предупредительный технический ремонт по назначенному ресурсу, а не по текущему состоянию оборудования. Система планово-предупредительного ремонта (ППР) и техническое обслуживание (ТО) машинного оборудования заключается в том, что полная или частичная разборка оборудования с целью профилактического осмотра, технического обслуживания, планово-предупредительного или капитального ремонта производится независимо от его фактического технического состояния через заранее определенные интервалы времени. Время назначенного ресурса зависит от времени жизни наиболее подверженных износу компонентов, таких как, к примеру, подшипниковые узлы. Процедура ППР существенно уменьшает вероятность аварии, но не предохраняет механизм от неожиданных повреждений в межремонтный период, а переборки только ускоряют износ узлов. Кроме того, необоснованные переборки вносят новые непредвиденные дефекты: перекосы осей, повышенные или заниженные зазоры, загрязнение и прочие технологические дефекты, сокращающие срок жизни машины, что требует проведения дополнительных ремонтных работ и, соответственно, дополнительных затрат.

Экономически более выгодна стратегия проведения ремонтных работ не через заранее запланированные интервалы времени, а по мере необходимости, в соответствии с фактическим техническим состоянием оборудования. Для реализации возможности обслуживания машин по их состоянию необходимо иметь оперативную информацию о его изменении по времени наработки. Одним из путей получения такой информации является организация непрерывного контроля изменений (тренда) представительных параметров технического состояния, характеризующих изменения развития эксплуатационных повреждений с наработкой механизма с тем, чтобы указать время, когда скорость потери работоспособности достигнет критической отметки.

Ущерб, причиняемый периодическим профилактическим осмотром машинного оборудования во время эксплу-

атации, столь велик, что одной из первостепенных проблем в различных отраслях промышленности стала проблема перехода от эксплуатации по заранее назначенному ресурсу к эксплуатации и техническому обслуживанию по данным систематического контроля вибрационного состояния и результатам диагностирования без демонтажа оборудования. Эта технология призвана устранить неожиданные поломки, обеспечить надежную работу механизмов и экономию средств за счет сокращения простоев и ненужного демонтажа оборудования. Чаще всего ее реализуют по результатам непрерывного или периодического контроля вибрации (вибромониторинга) и результатам диагностирования возникших неисправностей.

Трендовая характеристика позволяет обнаружить зарождение дефекта и прогнозировать момент наступления катастрофических изменений технического состояния, вызванных развитием необратимых процессов деградации в узлах машинного оборудования, что обеспечивает возможность планирования срока обособованного ремонта.

Этот способ рекомендуется для контроля технического состояния дорогостоящих уникальных объектов или ответственного оборудования, нарушение работоспособности которых может привести к катастрофическим последствиям, к экологическим проблемам, к простоям производственного оборудования и связанным с этим потерям на производстве.

Система вибрационного мониторинга, защиты и диагностики роторного оборудования Allen-Bradley DYNAMIX

При выборе систем защиты, мониторинга и диагностики оборудования учитывается множество различных факторов, таких как безопасность, экологичность, специфика производства, стоимость ремонта и замены, а также критичность оборудования для технологического процесса.

Если необходимо решение, обеспечивающее максимальную надежность оборудования, то наилучшим выбором будет система непрерывной защиты.

Промышленные предприятия имеют реальную возможность значительно повысить эффективность эксплуатации оборудования на производстве благодаря использованию автоматизированного комплекса мониторинга, диагностики и защиты от вибрации промышленного оборудования Allen-Bradley DYNAMIX на базе измерительных модулей Rockwell Automation серии XM – современных, недорогих и компактных модулей, поставляемых под торговой маркой Allen-Bradley.

Система DYNAMIX, состоящая из датчиков вибрации, измерительных модулей серии XM и соответствующего программного обеспечения, представляет собой интеллектуальную систему, способную обрабатывать в реальном времени параметры, позволяющие определить текущее техническое состояние и остаточный ресурс оборудования.

Использование запатентованной технологии, реализованной в модулях серии XM, позволяет организо-



вать защиту ответственного оборудования, имея при этом возможность превентивного и безопасного останова машины. Система на основе модулей XM также хорошо подходит для защиты важного оборудования на производстве малого и среднего масштабов, где один насос, вентилятор или редуктор является ключевым ресурсом в производственном процессе.

Модули серии XM представляют собой линейку измерительных и релейных модулей, монтируемых на DIN-рейку, которые могут быть применены для решения любых задач мониторинга и защиты от вибрации. Модули серии XM могут использоваться как автономно, так и интегрироваться с существующими системами управления.

При сравнении с традиционными централизованными системами на основе шасси, распределенная система на модулях XM может быть внедрена проще, быстрее и дешевле. Модули XM, смонтированные на DIN-рейке, легко устанавливаются рядом с фактическим местом измерения, благодаря чему значительно снижается стоимость подключения и сложность установки в целом. Одним из удобств использования модулей XM является физическая коммутация модулей между собой при помощи встроенных боковых разъемов, а также использование "горячей замены" модулей, технологии автоматизированного восстановления конфигурации модулей, открытого промышленного стандарта связи DeviceNet.



Модули серии XM поддерживают конфигурирование через компьютер, подключенный к последовательному порту модуля, либо удаленно по сети. Пользователи могут быстро сконфигурировать модули XM для работы со множеством динамических входных сигналов – как от токовых датчиков, акселерометров и датчиков скорости, так и датчиков температуры, давления, тока и напряжения.

Вибрационные модули представлены устройствами различного назначения:

- ▶ XM-120 – стандартный модуль измерения вибрации;
- ▶ XM-121 – низкочастотный модуль измерения вибрации;
- ▶ XM-122 – модуль измерения абсолютной энергии импульсов (gSE) и анализа огибающей (ESP);
- ▶ XM-123 – турбинный модуль;
- ▶ XM-120E – модуль измерения эксцентриситета;
- ▶ XM-121A – модуль измерения абсолютной вибрации вала;
- ▶ XM-16x – 6-ти канальный модуль измерения общего уровня.

Помимо модулей измерения вибрации серия XM включает также технологические и релейные модули:

- ▶ XM-220 – модуль измерения скорости вращения;
- ▶ XM-320 – модуль измерения положения;
- ▶ XM-360 – модуль измерения параметров технологических процессов (ток, напряжение и т.п.);
- ▶ XM-361 – универсальный модуль измерения температуры;
- ▶ XM-362 – модуль измерения температуры (для термомпар);
- ▶ XM-440 – основной релейный модуль;
- ▶ XM-441 – дополнительный релейный модуль;
- ▶ XM-442 – релейный модуль защиты при отклонениях скорости вращения.

Для обеспечения связи измерительных и релейных модулей с устройствами отображения, обработки, регистрации и хранения измеренной информации, использующими протокол связи, отличный от DeviceNet, используются соответствующие коммуникационные модули. Например, модуль связи 1788-EN2DN Ethernet/IP-to-DeviceNet разработан для обеспечения обмена данными между модулями серии XM и верхним уровнем системы DYNAMIX, а также контроллерами и устройствами, использующими протокол связи Ethernet/IP. Данный модуль поддерживает подключение до 63 измерительных и релейных модулей и может устанавливаться на DIN-рейку.

Датчики вибрации

За последние несколько десятилетий измерение вибрации стало наиболее широко используемой технологией для диагностики состояния роторных машин.

Огромный опыт Entek был воплощен в сериях датчиков различного назначения и исполнения. Среди них существуют датчики общего применения и специализированные датчики, использующиеся для измерения высокочастотных и низкочастотных колебаний и колебаний с низкой амплитудой, а также при монтаже в области высоких температур и в агрессивных средах.

Датчики и необходимые для их работы преобразователи от Entek созданы с учетом требований API 670, что обеспечивает их применимость, возможности и надежность в соответствии с требованиями к системам мониторинга и защиты оборудования.

Промышленные акселерометры стали основным элементом в системах вибромониторинга. Их назначение состоит в измерении абсолютного вибрационного и ударного ускорения в составе портативных или стационарных диагностических систем.

Акселерометры и велосиметры, выпускаемые Entek, являются устойчивыми к агрессивной окружающей среде, имеют широкий динамический диапазон, защиту от неверного подключения и электростатических зарядов и изготавливаются в различных вариантах для того, чтобы удовлетворить самым серьезным требованиям монтажа и эксплуатации.

Измерение относительной вибрации с помощью бесконтактных токовихревых датчиков от Entek широко используется для измерения вибрации в высокооборотных механизмах с относительно легкими роторами и жесткими подшипниками (турбины, центробежные насосы и компрессоры). Система измерения, состоящая из бесконтактного датчика, преобразователя датчика (драйвера) и соединительного кабеля, может использоваться для измерения радиальной и осевой вибрации вала, эксцентриситета вала, осевого положения вала, расширения корпуса, дифференциального расширения, а также в других случаях, когда требуется выполнить бесконтактные относительные измерения.

Переносные устройства

Помимо стационарного решения система DYNAMIX предполагает и мобильный подход в виде переносных приборов Dynamix 2500 и EnpacEx.

Переносной регистратор/анализатор Dynamix 2500 предназначен для измерения и анализа различных параметров вибрации при устранении неисправностей вращающегося механического оборудования и является важнейшим элементом комплексной стратегии обеспечения эффективной эксплуатации роторного оборудования.

Уникальные измерительные и анализирующие способности и простота эксплуатации делают этот прибор идеальным инструментом как для оценки текущего состояния, так и для проведения глубокой диагностики разнообразного промышленного оборудования.

Dynamix 2500 имеет такие достоинства, как малые размеры и вес, высокую скорость обработки данных, интуитивно понятное системное меню и цветной дисплей.

Прибор соответствует требованиям стандартов по надежности и защищенности MIL810 и IP65, что позволяет использовать его в неблагоприятных промышленных условиях в диапазоне температур от -10 до +50°C.

Благодаря использованию современного процессора и АЦП с помощью этого прибора можно проводить измерения в частотном диапазоне от 0,18 Гц до 40 кГц с высокой точностью и высоким спектральным разрешением (до 25600 линий), что существенно упрощает диагностику зубчатых передач и выявление электрических неисправностей (обрыв стержней, замыкание обмоток, неравномерный воздушный зазор и т.д.).

Функции одновременного измерения по двум каналам (построение орбит и взаимных фаз) наряду с балансировочной программой, модулем определения собственных частот, замерами параметров разгона/выбега, цифровым регистратором делают прибор мощнейшим диагностическим инструментом для выявления и устранения большинства дефектов и неисправностей роторного оборудования.



Запатентованные методики автоматизированной диагностики подшипников качения и встроенный тахометр существенно упрощают процедуру сбора и анализа данных и значительно повышают достоверность диагностики.

При необходимости работы во взрывоопасных зонах возможно использование подобного мобильного прибора EnpacEx, имеющего сертификацию ATEX II 1G и EExia IIC T4.

Программное обеспечение Emonitor

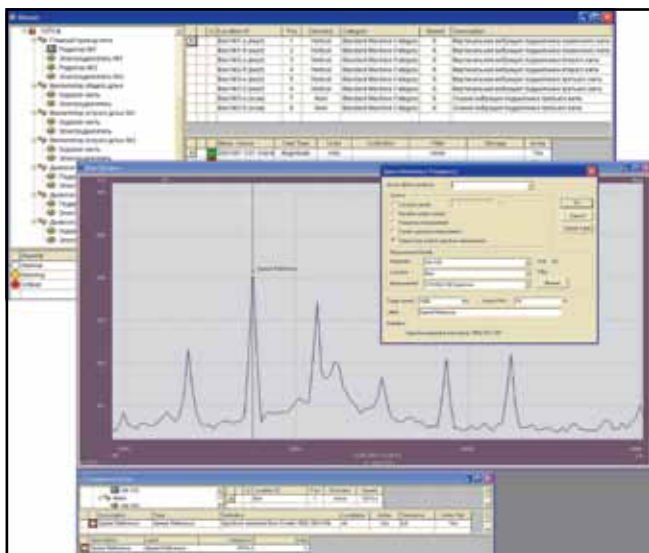
Программное обеспечение вибромониторинга и диагностики Emonitor является мощным и удобным инструментарием для глубокого анализа вибрационных проблем по результатам измерений переносных приборов и стационарных систем на основе модулей серии XM. Использование Emonitor совместно с экспертными программными модулями значительно расширяет возможности по мониторингу и диагностике роторного оборудования и значительно повышает достоверность заключений.

Emonitor позволяет выполнять все задачи прогнозирующего обслуживания быстро и просто, в удобном графическом формате, и обеспечивает полноценное управление данными для задач прогнозирующего обслуживания, а также предоставляет следующие возможности:

- ▶ создание базы данных оборудования предприятия и технологических процессов и хранение в ней собранных данных из переносных приборов и стационарных систем, необходимых для прогнозирующего обслуживания;
- ▶ создание маршрутов, загрузку их в переносной сборщик данных и выгрузку данных из сборщика в базу данных;
- ▶ создание вычисляемых измерений, то есть измерений, полученных после математической обработки

одного или нескольких измерений, например нахождения разницы давлений вычитанием одного значения давления из другого;

- ▶ формирование предупредительных сигналов по вибрационным параметрам и параметрам технологического процесса;
- ▶ отображение трендов, спектров, сигналов, полярных графиков и орбит для их последующего анализа;
- ▶ создание частотных элементов узлов и составных компонент оборудования, вызывающего вибрацию, для помощи в диагностике вибрационных проблем;
- ▶ создание отчетов на основе полученных данных, в том числе и отчетов об измерениях, превышающих допустимые границы предупредительных сигналов;
- ▶ проведение анализа проблем, содержащих описание их причин, и выдача рекомендаций, описывающих действия, необходимые для решения и исправления проблемы, а также использование функции Интеллектуальных Рекомендаций для автоматизированной генерации советов и рекомендаций из диагностических правил.



Emonitor поставляется в различных конфигурациях пакетов (Workstation, Factory и Enterprise), предоставляя тем самым пользователю возможность выбора необходимых для полноценной работы программных модулей и компонент (табл. 1).

На основе технических данных узлов и компонент используемого оборудования, таких как параметры подшипников, ротора или вала, зубчатой передачи, двигателя или рабочего колеса вентилятора, с помощью программного обеспечения Emonitor и экспертных программных модулей можно составить диагностическую модель этого механизма. Для облегчения выполнения этой задачи Emonitor содержит в своей базе данных информацию о более чем 10 тыс. подшипников, которая может пополняться и редактироваться пользователем.

Использование собранной технической и входной измерительной информации и Модуля анализа технического состояния позволяет определить потенциальные машинные дефекты, а с помощью Модуля принятия решений – предпринять соответствующие меры по их устранению и определить остаточный ресурс узла или механизма на основе принятых рекомендаций.

Таблица 1

	Workstation	Factory	Enterprise
Однопользовательская версия	•		
Многопользовательская версия		•	•
ОПС-клиент	•	•	•
Web-клиент			•
ОПС-сервер	•	•	•
Modbus-сервер	•	•	•
EAM-шлюз			•
E-mail-шлюз		•	•
XM EmonitorGateway			•
Интерфейс RSBizWare Historian	•	•	•
Графический интерфейс Plantlink			•
Драйвер сборщиков данных Entek и других производителей	•	•	•
Вычисляемые измерительные точки	•	•	•
Менеджер хранения данных	•	•	•
Хранение и представление вибрационных данных	•	•	•
Общие предупредительные сигналы	•	•	•
Спектральные предупредительные сигналы		•	•
Статистические предупредительные сигналы	•	•	•
Предупредительные сигналы, основанные на состоянии	•	•	•
Отображение уровня предупредительных сигналов		•	•
Графики и диаграммы	•	•	•
Идентификация частот		•	•
Модуль технического состояния		•	•
Интеллектуальный модуль принятия решений			•
База подшипников		•	•
Простые отчеты Emonitor	•	•	•
Произвольное составление отчетов		•	•

Интеллектуальный модуль принятия решений использует набор решающих правил для идентификации дефекта и определения степени его тяжести. Этот модуль содержит решающие правила для такого роторного оборудования, как двигатели, насосы, вентиляторы, турбины, зубчатые передачи, которые могут быть использованы для обнаружения того или иного дефекта, например небаланса ротора или его расцентровки. В целях обеспечения гибкости и универсальности использования пользователь может корректировать эти правила и самостоятельно создавать свои собственные, соответствующие рассматриваемым процессам.

Примеры внедрения

В конце 2011 года специалистами ООО «Сумма Технологий» (Санкт-Петербург) была внедрена система DYNAMIX в цехе обжига клинкера Управления закладочных, технологических и строительных материалов Заполярного филиала (ЗФ) ОАО «ГМК «Норильский никель».

В состав комплекса обжига клинкера, производительность которого составляет 520 тыс. тонн клинкера в год при непрерывном режиме работы оборудования, входят:

- ▶ вращающаяся печь с главным приводом печи (диаметр печи – 5 метров, длина – 185 метров, температура в разных зонах печи от 500 до 1100°C);
- ▶ колосниковый холодильник;
- ▶ вентиляторы общего и острого дутья;
- ▶ дымососы.

Выход из строя любого из перечисленных выше агрегатов может привести к аварийной остановке комплекса и значительным потерям, связанным с разгрузкой печи и восстановлением работоспособности всего технологического процесса.



До внедрения системы определение текущего состояния оборудования осуществлялось без применения специализированных средств во время плановых технических обслуживаний.

В первом квартале 2012 года система DYNAMIX была внедрена на дымососах участка мокрой газоочистки Медного завода ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель».

Обе внедренные системы успешно эксплуатируются и позволяют производить непрерывный контроль параметров вибрации оборудования, заблаговременно определять вероятные поломки. При достижении аварийных уровней вибрации формируются сигналы на отключение оборудования. Благодаря этому удается свести к минимуму риск аварийной остановки оборудования и производственных процессов обоих предприятий, а также производить комплекс необходимых ремонтных работ по фактическому состоянию машин и агрегатов.

Все измеряемые параметры вибрации преобразуются в цифровую форму и хранятся в базе данных на серверах предприятий. Благодаря интеграции с системами управления текущие параметры вибрации отображаются на мнемосхемах.

Детальный анализ параметров вибрации и диагностирование дефектов контролируемого роторного оборудования производится с помощью специализированного программного обеспечения Rockwell Software Emonitor.



На момент написания данного материала производился монтаж и наладка системы DYNAMIX на компрессорном оборудовании кислородной станции № 2 Надеждинского металлургического завода, входящего в состав ОАО «ГМК «Норильский никель».



Использование внедренных систем вибрационного мониторинга, защиты и диагностики роторного оборудования позволит предприятиям увеличить надежность и срок службы агрегатов, повысить стабильность технологического процесса и его производительность. Кроме того, за счет увеличения межремонтных интервалов возможно значительное сокращение текущих издержек, простоев и эксплуатационных расходов.

Система DYNAMIX также предоставляет возможность предприятиям планировать ремонтные работы на основе фактического состояния оборудования, отказавшись от архаичных и затратных регламентных ремонтов, в которых зачастую нет необходимости.

По материалам компании Klinkmann

**Компания Klinkmann выражает благодарность
Дмитрию Ли (ООО «Сумма Технологий»
за помощь в подготовке статьи**

Rockwell Automation



ОТ ЛИДЕРОВ МИРОВОГО РЫНКА

Инвестиции в систему вибромониторинга Dynamix окупаются в среднем менее, чем за 6 месяцев.

- Помощь в планировании технического обслуживания и ремонта оборудования
- Предотвращение производственных сбоев
- Поддержка в развитии производства



МИРОВОЙ ЛИДЕР В ОБЛАСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ

- База данных Historian для хранения данных и отчетности
- Готовые шаблоны отчетов для вибромониторинга и диагностики
- Automation Intelligence Suite для взаимодействия устройств от разных производителей и соединения посредством проводной и/или беспроводной связи



МИРОВОЙ ЛИДЕР НА РЫНКЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ КОНТРОЛЕРОВ

- Контроллеры Logix PLC для сбора данных
- Модули ввода/вывода ХМ для точного сигнала
- Программное обеспечение Emonitor для интеллектуального анализа



**Rockwell
Automation**

ВОЗВРАТ ИНВЕСТИЦИЙ В СИСТЕМУ ВИБРОМОНИТОРИНГА DYNAMIX МЕНЕЕ, ЧЕМ ЗА 6 МЕСЯЦЕВ!

KLINKMANN

www.klinkmann.ru

Санкт-Петербург
тел. +7 812 327 3752
klinkmann@klinkmann.spb.ru

Самара
тел. +7 846 273 95 85
samara@klinkmann.spb.ru

Москва
тел. +7 495 641 1616
moscow@klinkmann.spb.ru

Київ
тел. +38 044 495 33 40
klinkmann@klinkmann.kiev.ua

Екатеринбург
тел. +7 343 287 19 19
yekaterinburg@klinkmann.spb.ru

Минск
тел. +375 17 2000 876
minsk@klinkmann.com