ОРГАНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ КОНТРОЛЕ И ИСПЫТАНИЯХ СТАНКОВ В СТРУКТУРЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

© Я. Ш. Шамсадова¹, А. А. Игнатъев², М. Р. Исаева¹, Х. Р. Визирова¹

¹ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

²СГТУ им. Ю. А. Гагарина, Грозный, Россия

В данной статье приведены данные об экспериментальных исследованиях динамических характеристик и испытаний станков, что позволяет получить важные результаты для анализа виброакустических колебаний, возникающих в основных формообразующих узлах, для идентификации и диагностирования. В качестве практической реализации элементов автоматизированной системы научных исследований можно привести комплекс автоматизированных измерительных средств, применяемых в системе мониторинга технологического процесса изготовления деталей подшипников.

Ключевые слова: шлифовальные станки, динамические характеристики, виброакустические колебания.

В рамках системы менеджмента качества продукции в АО «ЕПК-Саратов» была внедрена система мониторинга технологического процесса (СМТП), задачей которой является контроль реального состояния процессов обработки деталей подшипников и станков. Основой для создания СМТП послужили многолетние исследования по повышению качества деталей за счет совершенствования технологии обработки, инструментов, технического обслуживания станков и внедрение новых средств контроля, которые были выполнены совместно сотрудниками ОАО «Саратовский подшипниковый завод» (в настоящее время АО «ЕПК-Саратов») и СГТУ [1].

Общая структура СМТП, в состав которой включено четыре подсистемы:

- 1) организационная подсистема, которая решает задачи обеспечения взаимодействия подсистем СМТП, изделий анализа информации о качестве изделий, состоянии технологического процесса (ТП), принятие решения по управлению качеством продукции;
- 2) подсистема технического обеспечения решает задачи измерения параметров, опреде-

ляющих качество изделий, технологического процесса и оборудования, первичной обработки данных и передачи результатов в базу данных СМТП;

- 3) подсистема научно-методического обеспечения (ПМО) решает задачи, связанные с общей организацией СМТП, формированием перечня информативных параметров состояния ТП и станков, обоснованием критериев оценки качества ТП и оборудования, моделированием и идентификацией объектов контроля, разработкой алгоритмов контроля, специализированного ПМО и рекомендаций по обеспечению качества изделий;

- 4) подсистема информационного обеспечения решает задачи обработки измерительной информации с объектов контроля, создание баз данных, обмена информацией между подсистемами СМТП, между СМТП и автоматизированной системой управления технологическим процессом (АСУТП) предприятия, формирования отчетной документации в форме, удобной для пользователей различного уровня.

Важное место в процессе изготовления колец подшипников отводится шлифовальной

обработке. Шлифовальные станки являются достаточно сложными и дорогостоящими. Надо отметить, что такие узлы станков, как шпиндельные, в силу больших частот вращения испытывают повышенные тепловые, а также силовые нагрузки. Указанное приводит к необходимости регулярного технического обслуживания и периодического ремонта. При соответствующей организации СМТП, в частности, контроля оборудования по вибрационным характеристикам, восстановление станков может осуществляться по их реальному техническому состоянию, что в ряде случаев снижает затраты по сравнению с планово-предупредительным ремонтом. В реальных условиях

производства возможна реализация двух вариантов мониторинга станков по вибрационным характеристикам.

Первый вариант связан с периодическим контролем виброакустических (ВА) характеристик станков с помощью переносных виброизмерительных приборов. Далее специалист лаборатории мониторинга может принять решение на основе собственного опыта, либо, используя автоматизированную обработку данных виброизмерений на компьютере типа Notebook, принять решение на основе рекомендаций автономной экспертной системы. Вторым вариантом базируется на постоянном контроле ВА колебаний оборудования с применением

Рис. 1 АСНИ в структуре мониторинга технологического процесса

встроенных измерительных устройств. Это необходимо при изготовлении высокоточных дорогостоящих деталей, когда брак практически недопустим. Обработка данных виброизмерений осуществляется непрерывно и позволяет в режиме реального времени следить за состоянием станков и принимать решение на основе рекомендаций динамической экспертной системы, входящей в состав СМТП.

В обоих случаях квалифицированное решение по восстановлению станков на основе рекомендаций экспертной системы базируется на результатах достаточно длительных исследований и испытаний оборудования в производственных условиях.

Необходимо отметить, что для проведения подобных испытаний целесообразным является использование автоматизированной системы научных исследований (АСНИ), входящей в структуру СМТП (рисунок 1). Здесь следует подчеркнуть, что организационно АСНИ следует включить в подсистему научно-методического обеспечения, так как именно в ней формируется научный подход к исследованиям и испытаниям металлорежущих станков (МРС). При этом обязательным условием применения АСНИ является использование аппаратных, алгоритмических, программных и других средств всех подсистем СМТП.

Автоматизация экспериментальных исследований динамических характеристик и испытаний станков позволяет получить важные результаты для анализа ВА колебаний, возникающих в основных формообразующих узлах, для идентификации и диагностирования. При этом АСНИ следует рассматривать как методическую и экспериментальную основы процессов исследования и испытания МРС.

АСНИ является сложным аппаратно-программным комплексом на основе средств микропроцессорной техники, предназначенным для автоматизации выполнения научных экспериментов, моделирования и анализа характеристик объектов исследования, испытания новых технических систем на различных этапах их жизненного цикла, изучение которых традиционными методами достаточно трудоемко [1, 2].

В силу того, что к современным МРС предъявляются высокие требования с точки

зрения технологической надежности, возрастает роль автоматизированных испытаний и исследований МРС на этапах их проектирования, изготовления и эксплуатации. Для этого создаются специальные АСНИ, которые осуществляют измерение различных характеристик МРС, оказывающих влияние на эффективность обработки [3, 4].

Использование в АСНИ специализированных методов и средств должно быть основано на предварительно полученных результатах поисковых экспериментов на рассматриваемой модели станка, свидетельствующих о достаточной информативности измеряемых параметров и получаемых при этом характеристиках.

На основе изучения и анализа результатов многолетних исследований и испытаний токарных и шлифовальных МРС, выполненных в СГТУ, с применением автоматизированных средств измерения и обработки данных разработана общая структура АСНИ, которая отличается от предложенной в работе [5] с точки зрения решаемых задач и практического применения [6, 7].

При создании АСНИ в ее структуре выделяются ряд подсистем, необходимых для ее эффективного применения; методического и математического обеспечения, технического и программно-информационного обеспечения (рисунок 2).

В рамках подсистемы методического обеспечения решаются вопросы, связанные с обоснованием того, как должна формироваться АСНИ с учетом опыта аналогичных систем и характеристик конкретного объекта исследования, разработкой методик проведения поисковых экспериментов, на основе обработки результатов которых осуществляется моделирование объекта, разрабатывается методика автоматизированных экспериментов и формулируются критерии для оценки технологической надежности МРС.

В рамках подсистемы математического обеспечения осуществляется построение математических моделей объекта исследования или его подсистем и алгоритмов их идентификации на основе экспериментальных данных, методик и алгоритмов обработки данных поисковых и автоматизированных экспериментов и их

математического обеспечения, а также выполняется математическое обоснование критериев оценки технологической надежности MPC при изменении технологического режима.

Подсистема технического обеспечения содержит метрологически аттестованную аппаратуру для автоматизированного измерения параметров станка и ввода их в компьютер для дальнейшей обработки, измерительные приборы для контроля параметров деталей вне станка с последующим вводом этого массива данных в компьютер, а также собственно сам компьютер, в котором осуществляется обработка данных по специальным программам, и передача информации в базу данных и базу знаний.

Подсистема программно-информационного обеспечения содержит программное обеспечение, во-первых, для обработки данных измерений с помощью систем компьютерной математики MathCAD, Matlab и др., а также паке-

тов проблемно-ориентированных прикладных программ (ППП), которые разрабатываются применительно к каждой конкретной АСНИ с учетом особенностей задач, решаемых для рассматриваемого объекта и присущих только данной АСНИ; во-вторых, для накопления данных измерений, результатов их обработки в базе данных, соответствующих выводов и рекомендаций на основе анализа экспериментов в базе знаний; в-третьих, для представления результатов экспериментов в удобной для пользователя форме.

Эффективность АСНИ при проведении экспериментов и испытаний в производственных условиях оценивается такими показателями, как достоверность оценки динамического качества станков и их технологической надежности в целом по экспериментальным данным, сложность, надежность и стоимость технического и программного обеспечения, быст-

Рис. 2 Структура АСНИ при контроле и испытаниях высокоточных станков на технологическую надёжность в производственных условиях

Рис. 3 Реализация элементов АСНИ в рамках системы мониторинга технологического процесса изготовления деталей подшипников

родействие, и рядом других. Все подсистемы АСНИ в той или иной степени рассмотрены выше. В качестве практической реализации элементов АСНИ можно привести комплекс автоматизированных измерительных средств, применяемых в СМТП изготовления деталей подшипников (рис. 2), причем принятые решения как о качестве станков, так и о качестве обработки.

Эффективная реализация СМТП должна предусматривать широкое использование АСНИ ВА характеристик станков, что обеспечивает организацию восстановления технологической надежности станков по их фактическому динамическому состоянию и существенно снижает потери от брака (рисунок 3).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе анализа результатов исследований обосновано, что организационно АСНИ следует включить в подсистему научно-мето-

дического обеспечения, так как именно в ней формируется научный подход к исследованиям и испытаниям МРС. При этом обязательным ус-

ловием применения АСНИ является использование аппаратных, алгоритмических, программных и других средств всех подсистем системы мониторинга технологического процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Проников А. С.* Программный метод испытания металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1985. 288 с.
2. *Рассторгуев Г. А.* Системный обзор испытаний технологического оборудования // Справочник. Инженерный журнал. 2013. № 1. С. 3-10.
3. *Диагностика и надежность автоматизированных систем / Б. М. Бржозовский, А. А. Игнатьев, В. В. Мартынов, А. Г. Схиртладзе.* Саратов: СГТУ, 2007. 352 с.
4. *Аршанский М. М., Щербаков В. П.* Вибродиагностика и управление точностью на металлорежущих станках. М.: Машиностроение, 1988. 136 с.
5. *Оперативный контроль и динамические испытания металлорежущих станков: обзор. информ. / Б. М. Бржозовский, А. А. Игнатьев, В. А. Добряков, В. В. Мартынов.* М.: ВНИИТЭМР, 1991. 61 с.
6. *Тугенгольд А. К., Димитров В. Р., Волошин Р. Н.* Мониторинг состояния станков и станочных систем // СТИН. 2017. № 3. С. 11-17.
7. *Игнатьев А. А., Каракозова В. А., Игнатьев С. А.* Стохастические методы идентификации в динамике станков. Саратов: СГТУ, 2013. 124 с.
8. *Добрынин С. А., Фельдман М. С., Фирсов Г. И.* Методы автоматизированного исследования вибрации машин. М.: Машиностроение, 1987. 224 с.
9. *Барков А. В., Баркова Н. А.* Вибрационная диагностика машин и оборудование. Анализ вибрации. СПб.: Севзапучцентр, 2013. 152 с.
10. *Игнатьев А. А., Самойлова Е. М., Шамсадова Я. Ш.* Оценка динамического качества станков с применением автокорреляционных функций виброакустических колебаний // Известия вузов. Поволжский регион. Технические науки. 2017. № 2. С. 90-98.

ORGANIZATION OF AN AUTOMATED SYSTEM SCIENTIFIC RESEARCH IN THE CONTROL AND TESTING OF MACHINES IN THE STRUCTURE OF THE PROCESS MONITORING SYSTEM

© Ya. Sh. Shamsadova¹, A. A. Ignatyev², M. R. Isaeva¹, H. R. Vizirova¹

¹GSTOU named after acad. M. D. Millionschikov, Grozny, Russia

²Saratov State Technical University of Saratov named after Y. A. Gagarin, Saratov, Russia

This article presents data on experimental studies of dynamic characteristics and tests of machines, which allows us to obtain important results for the analysis of vibroacoustic vibrations that occur in the main forming nodes, for identification and diagnosis. As a practical implementation of the elements of an automated system of scientific research, we can cite a set of automated measuring tools used in monitoring the technological process of manufacturing bearing parts.

Keywords: grinding machines, dynamic characteristics, vibroacoustic vibrations.

REFERENCES

1. Pronikov, A. S. (1985) Programmnyi metod ispytaniya metallovezhushchikh stankov [Program method for testing metal-cutting machines]. Moscow: *Mashinostroenie*. Pp. 288.
2. Rastorguev, G. A. (2013) 'Sistemnyi obzor ispytaniy tekhnologicheskogo oborudovaniya'. *Spravochnik. Inzhenernyi zhurnal*. [System review of testing of technological equipment. Reference Book. Engineering magazine]. № 1. Pp. 3-10.
3. Brzhozovsky, B. M., Ignatiev, A. A., Martynov, V. V. and Skhirtladze, A. G. (2007) Diagnostika i nadezhnost' avtomatizirovannykh sistem [Diagnostics and reliability of automated systems] Saratov: SSTU. Pp. 352
4. Arshansky, M. M. and Shcherbakov, V. P. (1988) Vibrodiagnostika i upravlenie tochnost'yu na metallovezhushchikh stankakh [Vibrodiagnostics and precision control on metal-cutting machines] Moscow: Mashinostroenie, pp. 136
5. Brzhozovsky, B. M., Ignatiev, A. A., Dobryakov, V. A. and Martynov, V. V. (1991) Operativnyi kontrol' i dinamicheskie ispytaniya metallovezhushchikh stankov: obzor. Inform [Operational control and dynamic testing of metal-cutting machines: overview. Inform] Moscow: NRITEER, pp. 61
6. Tugengold, A. K., Dimitrov, V. R. and Voloshin, R. N. (2017) 'Monitoring sostoyaniya stankov i stanochnykh sistem' [Monitoring of the state of machine tools and machine systems]. No. 3. Pp. 11-17.
7. Ignatiev, A. A., Karakozova, V. A. and Ignatiev, S. A. (2013) Stokhasticheskie metody identifikatsii v dinamike stankov [Stochastic identification methods in machine dynamics] Saratov: SSTU, pp. 124
8. Dobrynin, S. A., Feldman, M. S. and Firsov, G. I. (1987) 'Metody avtomatizirovannogo issledovaniya vibratsii mashin' Methods of automated research of machine vibration. Moscow: Mashinostroenie, pp. 224
9. Barkov, A. V. and Barkova, N. A. (2013) Vibratsionnaya diagnostika mashin i oborudovanie. Analiz vibratsii [Vibration diagnostics of machinery and equipment. Vibration analysis]. SPb.:Sensepoker, 20. Pp. 152
10. Ignatiev, A. A., Samoylova, E. M. and Samadova, J. S. (2017) 'Ocenka dinamicheskogo kachestva stankov s primeneniem avtokorrelyatsionnykh funktsii vibroakusticheskikh kolebaniy' [Evaluation of the dynamic qualities of machines with application of autocorrelation functions of vibro-acoustic disturbances] *Izvestiya vuzov. Povolzhskii region. Tekhnicheskie nauki* № 2. Pp. 90-98