

19. Chervjakov N.I., Ljahov P.A., Orazaev A.R. Applying center-weighted median filters to remove impulse noise from images. *Infokommunikacionnye tehnologii*, 2017, vol. 15, no. 4, pp. 325–337. DOI: <https://doi.org/10.18469/ikt.2017.15.4.03> (In Russ.)
20. Median filtering. National Library. N.E. Bauman (Bauman National Library). URL: <https://ru.bmstu.wiki> (accessed: 05.01.2021).
21. Antipov O.I., Zaharov A.V., Pjatin V.F. Comparison of the capabilities of fractal EEG processing methods for detecting changes in brain activity under different ambient light. *Infokommunikacionnye tehnologii*, 2014, no. 2, pp. 57–63. (In Russ.)
22. Runnova A.E. et al. Method for removing oculomotor artifacts on human EEG when recognizing an ambiguous visual image. *Upravlenie v meditsine i biologii*, 2017, no. 5, pp. 105–112. DOI: <https://doi.org/10.15217/issn1684-8853.2017.5.1.5> (In Russ.)

Received 20.12.2020

УДК 681.5(075.32)

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Матвеева Е.А., Черных О.Н.

*Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, РФ
E-mail: helen_matveeva@mail.ru, chernykh_on@mail.ru*

В статье рассматриваются вопросы, связанные с увеличением времени работы оборудования. Выявляются проблемы, характерные практически для любого предприятия, мешающие эффективной эксплуатации станков с числовым программным управлением. Показано, что автоматизация контроля работы оборудования позволяет в автоматическом режиме подсчитать время работы станка до начала выполнения различных видов технического обслуживания и планово-предупредительных работ по ремонту оборудования, отметить дату проведения работ и осуществить контроль их выполнения. Решение проблемы предлагается за счет внедрения автоматизированной информационной системы, позволяющей в реальном времени осуществлять контроль работы оборудования с числовым программным управлением, проводить анализ и классификацию причин простоя станков. Это позволяет осуществить совместное проведение планового ремонта с ремонтом по состоянию оборудования. За счет оперативного реагирования на текущее состояние появляется возможность увеличения времени работы оборудования.

Ключевые слова: автоматизация, контроль, состояние оборудования, ремонт, время простоя, производственные предприятия

Введение

Конкуренция, стремление занять новые рынки, повысить стоимость бизнеса и увеличить прибыль приводит к расширению производства, и, как следствие, приобретению нового производственного оборудования. Однако, планируя инвестиции, необходимо ответить на вопрос, как используются имеющиеся мощности [1; 7; 10].

На современных предприятиях используется различное оборудование. Значительное место занимают станки с числовым программным управлением (ЧПУ), которые являются сложными агрегатами, состоящими из различных взаимосвязанных систем (механики, гидравлики, электрики и электроники), имеющих различные конструктивные особенности и требования к эксплуатации. Подавляющее большинство оборудования с ЧПУ в нашей стране используется на предприятиях «универсального машиностроения»

(ракетно-космическое производство, тяжелая энергетика, атомная промышленность).

Для эффективной эксплуатации станков с ЧПУ требуется повышенный контроль за их работой, оптимизации процесса планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания, что позволит повысить эффективность их использования. Возрастающая конструктивная сложность, весовые характеристики, многообразие форм и высокие требования к геометрической точности уникальных деталей создают практически невозможные условия обеспечения требований к их качеству без автоматизации функции контроля за состоянием производственного оборудования.

Постановка задачи

Анализируя данные российских предприятий, использующих станки с ЧПУ, можно обозначить

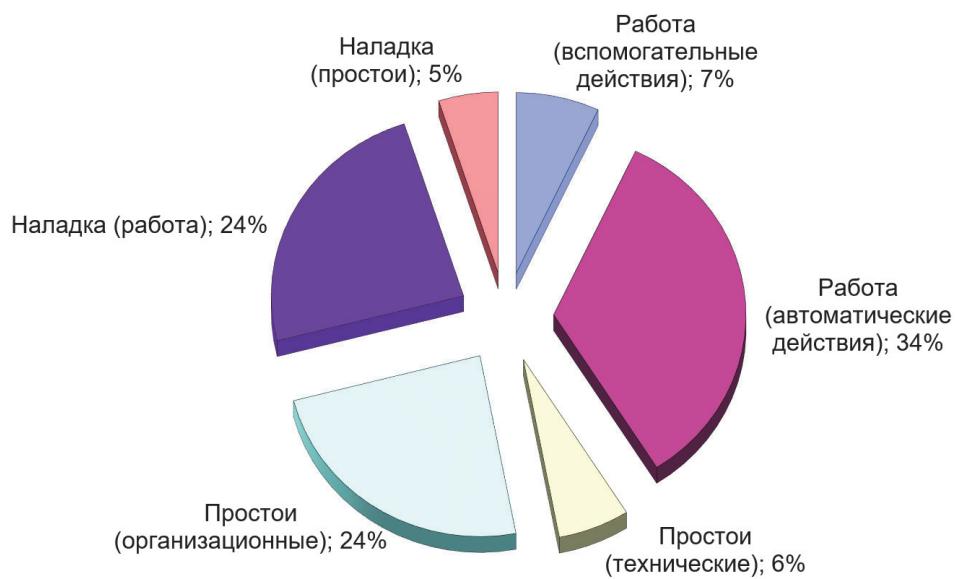


Рисунок 1. Распределение фонда времени участка станков с ЧПУ по данным производственных исследований

следующие проблемы, характерные практически для любого предприятия: программы выпуска деталей, закрепленные за цехами и участками, оснащенными станками с ЧПУ, не выполняются; наблюдается низкая загрузка станков (в представлении руководителей предприятий, под загрузкой станков понимается доля общего фонда времени работы, в течение которого станок непосредственно занят обработкой детали).

Изучая специализированную литературу [2; 3], можно увидеть, что станки с ЧПУ не находятся в работе все 100 % действительного фонда времени, а наладка и переналадка оборудования выполняются за незначительный период времени. Однако исследования, проведенные на ряде ведущих отечественных предприятий, показали [4], что в условиях часто переналаживаемого многоненклатурного производства коэффициент использования станков с ЧПУ не превышает показателя от 0,3 до 0,5 (30–50 %).

Характерная диаграмма распределения фонда рабочего времени типичного участка фрезерных станков с ЧПУ по результатам анализа машиностроительных предприятий г. Самары приведена на рисунке 1, откуда видно, что общее время работы станков с ЧПУ (34 %) сопоставимо с общим временем, затраченным на отладку новых деталей (29 %) – это типично именно для таких условий, когда на станках с ЧПУ изготавливают сложные, уникальные и высокоточные детали, план выпуска которых невелик. Учитывая аварийные отказы в работе, организационные и технические простои, согласно некоторым заводским данным [4], станки, оснащенные системами ЧПУ, работают не более 20–25 % действительного фонда времени. В международной практике принято считать плохим показатель менее 65 %,

удовлетворительным – от 65 до 75 %, хорошим – более 75 % (миевые промышленные лидеры имеют значения 80–85 %) [5; 10].

Решить проблему можно, внедрив автоматизированную информационную систему (АИС), позволяющую в реальном времени осуществлять контроль работы оборудования с ЧПУ, проводить анализ и классификацию причин простоев станков, вести контроль энергопотребления оборудования, информировать профильные службы предприятия о простоях оборудования, формировать отчеты. Правильные настройки и мониторинг работы позволяет вести точный учет целевого использования оборудования, контролировать соблюдение на предприятии трудовой и технологической дисциплины, автоматически формировать и рассыпать отчеты за любой промежуток времени [6; 8].

Реализация вышеперечисленных компонентов обеспечивает выполнение главной цели внедрения автоматизированной информационной системы – повышение коэффициента использования станков с ЧПУ. АИС решает основные вопросы, связанные с контролем. Выявление причин простоев и их своевременная диспетчеризация позволяют повысить коэффициент использования оборудования, а также автоматизировать работу служб главного технолога по вопросу передачи управляющих программ на станки с ЧПУ, служб главного механика по организации проведения технического обслуживания и планово-предупредительных работ по ремонту оборудования (ТО и ППР).

Результаты автоматизации

Актуальным сегодня методом обслуживания оборудования становится ремонт по техническо-

му состоянию. Этот метод основан на том, что неисправности оборудования появляются не из-за срока его работы, а из-за конкретных дефектов, у большинства из которых есть свои параметры. Контроль изменения параметров помогает делать прогноз относительно будущих технических неисправностей. Например, одним из способов контроля параметров работы механической части станков, а именно шпинделя и шарико-винтовой пары, является контроль показаний вибрации [9].

АИС контроля работы оборудования позволяет в автоматическом режиме подсчитать время работы станка до начала выполнения различных видов ТО и ППР, отметить дату проведения работ и осуществить контроль их выполнения. Система позволяет циклически проводить контроль параметров станка (например, уровень вибрации). Таким образом появляется возможность осуществить совместное проведение планового ремонта с ремонтом по состоянию. Для грамотной организации проведения ТО и ППР на станках с ЧПУ и другом оборудовании автоматизированная система мониторинга предоставляет широкий спектр возможностей:

- планирование проведения ТО и ППР по реально отработанному станком времени или потребленной им электроэнергии и контроль исполнения этих работ;

- контроль исполнения ТО и ППР станков, согласно заранее подготовленным графикам их проведения; учет реального времени проведения ТО и ППР и формирование соответствующих отчетов.

Индивидуально для каждого станка предприятия, подключенного к системе мониторинга оборудования, руководствуясь требованиями завода-изготовителя и реального состояния станка, в параметрах системы устанавливается время наработки станка до начала выполнения каждого из видов ТО и ППР. Система контроля позволяет вести учет наработки станка до начала проведения ТО и ППР по различным критериям: учет реального времени работы станка и его отдельных узлов (шпинделя, приводов подач, гидравлики и др.); учет потребляемой станком или его отдельными узлами электроэнергии в различных режимах работы; учет прочих параметров, таких как удары пресса и т. д.

По достижении станками пороговых значений установленных параметров, указанных в настройках системы, автоматически формируется задание на выполнение определенного вида ТО и вносится в план-график проведения ТО и ППР. Затем система отправляет сообщение обслужива-

ющему персоналу (мастери, оператору станка, ремонтному персоналу) наименование станка, инвентарный номер, вид ТО и сроки исполнения.

Контроль параметров вибрации отдельных узлов станка проводится с целью превентивной диагностики неисправностей механической части станков и выполнения необходимых профилактических работ по текущему состоянию оборудования. Для этого контроль параметров вибрации может входить в список работ по техническому обслуживанию станков. Контроль значений вибрации может осуществляться по времени наработки станков или по календарному плану-графику. Контроль параметров вибрации проводится с определенной периодичностью в одном режиме работы станка, на холостом ходу. Станочник, получив на терминал напоминание о контроле параметров вибрации, на заранее определенное время (1–2 мин.) активирует шпиндель на заданных оборотах или совершает интерполяцию в указанные координаты. Как правило, для этих целей на станках с ЧПУ запускается короткая диагностическая программа.

Устройство контроля вибрации снимает данные с датчиков вибрации, обрабатывает сигнал и конвертирует его в файл. Далее результат вибродиагностики передается на терминал, а затем – по локальной сети на сервер. На сервере с помощью специализированного программного обеспечения результат вибродиагностики анализируется, сравнивается с эталонным, и составляется отчет о текущем состоянии механических узлов станка, где установлены датчики вибрации. На основании результатов отчета о вибродиагностике составляется план ППР. Если полученный уровень вибрации превысил пороговый предел, принимается решение о возможности дальнейшей эксплуатации станка.

Основная задача АИС – сокращение времени простоев станков. Одними из компонентов реализации этой задачи являются быстрое информирование специализированных ремонтных и сервисных служб о простое оборудования, а также учет и детализация причин простоя. Данный модуль системы должен содержать полную информацию о станке (инвентарный номер, название станка, тип станка, техническую документацию на станок, установленную систему ЧПУ), а также направлять сообщения о неисправности технической службе, обслуживающей станок. Для обеспечения информативного сообщения об ошибке необходимо наличие полного списка ошибок с номерами и кратким описанием неисправности. В таблице, помимо модели и инвентарного номе-

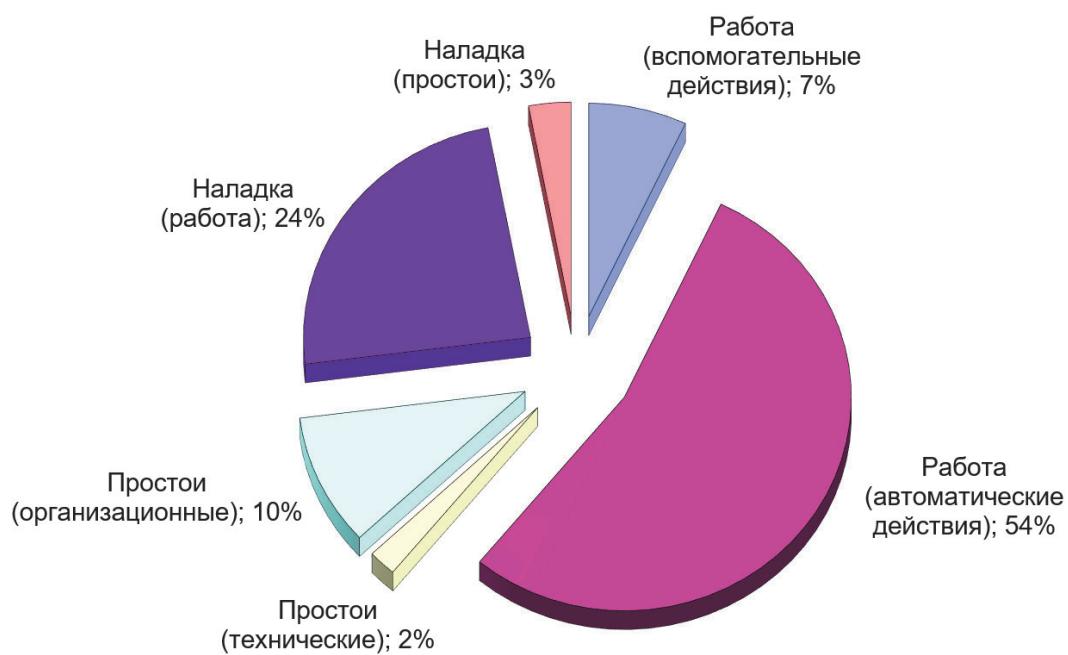


Рисунок 2. Распределение фонда времени участка станков с ЧПУ с использованием АИС

ра станка, указывается текущее состояние конкретной единицы оборудования, а также время пребывания в этом состоянии. Имеется возможность применения фильтра по интервалу времени работы и выбора подразделения предприятия.

Модуль «Мониторинг работы оборудования» позволяет оперативно реагировать на текущее состояние и произошедшие изменения в работе оборудования. Основываясь на оценке эффективности работы оборудования, руководители предприятия разного уровня могут принимать соответствующие управлительские решения и анализировать эффект от их внедрения.

Заключение

Внедрение системы автоматизированного контроля позволяет точно определить коэффициент использования оборудования. При уменьшении необоснованных простоев оборудования коэффициент использования повышается, что приводит к уменьшению производственных затрат и экономии финансовых средств предприятия. Критериями являются своевременная диспетчеризация сервисной и ремонтной служб; проведение ТО и ППР по фактическому состоянию; создание централизованного архива управляющей программы; оценка эффективности и работы оборудования. Распределение фонда времени участка станков с ЧПУ с использованием АИС приведено на рисунке 2.

Использование АИС контроля состояния оборудования позволяет существенно уменьшить долю организационных простоев и простоев

из-за неисправности оборудования за счет оперативного реагирования на текущее состояние и произошедшие изменения в работе оборудования. Кроме того, сокращается время, затрачиваемое на наладку оборудования. Результатом является увеличение времени работы по управляющей программе, а следовательно, и количество изготовленных деталей. Среднее увеличение коэффициента времени работы оборудования по программе составляет 20 %.

Литература

1. Антоненко И.Н., Крюков И.Э., Шестопалов П.С. Мониторинг эффективности использования производственного оборудования. URL: <http://www.kplib.ru/article.php?page=403> (дата обращения: 10.07.2020).
2. Технология машиностроения: Производство машин. Т. 2 / под. ред. Г.Н. Мельникова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. 640 с.
3. Борисов С.Р., Васильев В.Н. Основы предпринимательства и организации производства. М.: Машиностроение-1, 2000. 752 с.
4. Волчекевич И.Л. Исследование фактической работоспособности современного высокопроизводительного оборудования с ЧПУ // Машиностроение и техносфера XXI века: мат. XVII межд. научн.-техн. конф. Донецк, 2011. С. 144–145.
5. Иванова А.С. Интегрированные системы управления производством машиностроительных предприятий. Самара: АС Гард, 2011. 312 с.

6. Матвеева Е.А., Диязитдинова А.Р. Концепции управления бизнес-системами: монография. Самара: Изд. ПГУТИ, 2018. 172 с.
7. Матвеева Е.А., Симагина С.Г. Моделирование и оптимизация загрузки производственных мощностей предприятия с мелкосерийным типом производства // Отходы и ресурсы. 2019. № 2. DOI: <https://doi.org/10.15862/16ECOR219>
8. Контроль и мониторинг промышленного оборудования с использованием платформы MindSphere компании Siemens. URL: <https://isup.ru/articles/2/13235> (дата обращения: 12.09.2020).
9. НИАТ Система технического обслуживания и ремонта станков с ПУ. Калуга: Изд. НИАТ, 1986. 48 с.
10. Hansen R.C. Unleashing the power of OEE // Maintenance Technology Articles. 1998. URL: <http://www.mt-online.com>

Получено 22.11.2020

Матвеева Елена Александровна, к.т.н., доцент кафедры прикладной информатики (ПИ) Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). 443010, Российская Федерация, г. Самара, ул. Л. Толстого, 23. Тел. +7 927 846-25-23. E-mail: helen_matveeva@mail.ru

Черных Ольга Николаевна, к.э.н., доцент кафедры ПИ ПГУТИ. 443010, Российская Федерация, г. Самара, ул. Л. Толстого, 23. Тел. +7 927 846-25-23. E-mail: chernykh_on@mail.ru

AUTOMATION OF MONITORING THE CONDITION OF PRODUCTION EQUIPMENT

Matveeva E.A., Chernykh O.N.

*Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russian Federation
E-mail: helen_matveeva@mail.ru, chernykh_on@mail.ru*

The article deals with issues related to increasing the operating time of equipment. Problems typical for almost any enterprise that interfere with the effective operation of numerical control machines are identified. It is shown that automation of equipment operation control allows you to automatically calculate the time of machine operation before the start of various types of maintenance and scheduled preventive maintenance of equipment, mark the date of work and monitor their performance. The solution to the problem is proposed by implementing an automated information system that allows real-time monitoring of the operation of equipment with numerical control, analysis and classification of the causes of machine downtime. This makes it possible to carry out joint scheduled repairs with repairs based on the condition of the equipment. Due to the rapid response to the current state, it is possible to increase the operating time of the equipment.

Keywords: *automation, control, equipment condition, repair; downtime, production facilities*

DOI: 10.18469/ikt.2021.19.1.07

Matveeva Elena Aleksandrovna, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 23, L. Tolstoy Street, Samara, 443010, Russian Federation; Associate Professor of Applied Informatics Department, PhD in Technical Sciences. Tel. +7 904 731-39-25. E-mail: helen_matveeva@mail.ru

Chernykh Olga Nikolaevna, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 23, L. Tolstoy Street, Samara, 443010, Russian Federation; Associate Professor of Applied Informatics Department, PhD in Economics. Tel. +7 927 602-62-15. E-mail: chernykh_on@mail.ru

References

1. Antonenko I.N., Krjukov I.E., Shestopalov P.S. Monitoring the efficiency of using production equipment. URL: <http://www.kplib.ru/article.php?page=403> (accessed: 10.07.2020). (In Russ.)
2. *Mechanical Engineering Technology: Machine Production*. Vol. 2 / ed. by G.N. Melnikov. Moscow: Izd-vo MGTU im. N.E. Baumana, 1998, 640 p. (In Russ.)

3. Borisov S.R., Vasil'ev V.N. *Fundamentals of Entrepreneurship and Organization of Production.* Moscow: Mashinostroenie-1, 2000, 752 p. (In Russ.)
4. Volchkevich I.L. Investigation of the actual performance of modern high-performance CNC equipment. *Mashinostroenie i tehnosfera XXI veka: mat. XVII mezhd. nauchn.-tehn. konf.*, Donetsk, 2011, pp. 144–145. (In Russ.)
5. Ivanova A.S. *Integrated Production Management Systems for Machine-Building Enterprises.* Samara: AS Gard, 2011, 312 p. (In Russ.)
6. Matveeva E.A., Dijazitdinova A.R. *Business Systems Management Concepts:* Monograph. Samara: Izd. PGUTI, 2018, 172 p. (In Russ.)
7. Matveeva E.A., Simagina S.G. Modeling and optimization of the production capacity utilization of an enterprise with a small-scale production type. *Othody i resursy*, 2019, no. 2. DOI: <https://doi.org/10.15862/16ECOR219> (In Russ.)
8. Control and monitoring of industrial equipment using the MindSphere platform from Siemens. URL: <https://isup.ru/articles/2/13235> (accessed: 12.09.2020). (In Russ.)
9. NIAT *System of Maintenance and Repair of Machine Tools with PU.* Kaluga: Izd. NIAT, 1986, 48 p. (In Russ.)
10. Hansen R.C. Unleashing the power of OEE. *Maintenance Technology Articles*, 1998. URL: <http://www.mt-online.com>

Received 22.11.2020

ТЕХНОЛОГИИ РАДИОСВЯЗИ, РАДИОВЕЩАНИЯ И ТЕЛЕВИДЕНИЯ

УДК 621.396.24

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АНТЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ МИМО С ПОЛЯРИЗАЦИОННЫМ РАЗНЕСЕНИЕМ

Беспалов А.Н.

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, РФ
E-mail: andreybespalov@mail.ru

Увеличение количества передаваемой информации в беспроводных сетях вызывает необходимость поиска и разработки технологий, позволяющих повышать спектральную эффективность. Одной из таких технологий является MIMO, которая успешно применяется в системах сотовой связи и сетях Wi-Fi. Актуальной задачей является повышение спектральной эффективности в сетях специального назначения. На основе проведенных исследований разработан порядок проектирования антенных комплексов в системах MIMO. Выполнено экспериментальное исследование составных частей антенных комплексов с поляризационным разнесением. В частности, был разработан антенный комплекс, состоящий из двух ортогональных логопериодических антенн, совмещенных на одной траверсе. Показано, что измеренные характеристики находятся в качественном и количественном согласии с характеристиками, полученными при помощи разработанной электродинамической модели антенного комплекса с поляризационным разнесением.

Ключевые слова: антенный комплекс, поляризация, MIMO, спектральная эффективность

Введение

На сегодняшний день радиочастотный диапазон разделен между государственными и частными организациями, однако объем передаваемой информации с каждым годом растет. Возникает необходимость в более эффективном использовании имеющихся диапазонов частот. Одним из актуальных решений для повышения спектральной эффективности является использование технологии MIMO (Multiple Input Multiple Output)

с поляризационным или пространственным разнесением, основанной на одновременной передаче сигналов в одной полосе частот по слабокоррелированным каналам [1–4].

Технология MIMO активно применяется в сетях общего пользования, сетях сотовой подвижной связи, технологиях Wi-Fi, WiMax. В то же время планируется использование MIMO в профессиональных системах связи, в том числе в сетях связи специального назначения.