

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

В. А. Немтинов¹, В. Ю. Бобылев¹,
Ю. В. Немтинова^{1,2}, А. Б. Борисенко¹

*Кафедра «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» (1),
kafedra@mail.gaps.tstu.ru; ФГБОУ ВО «ТГТУ»;
кафедра менеджмента, маркетинга и рекламы (2), jnemtinova@hotmail.com;
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина»,
Тамбов, Россия*

Ключевые слова: информационная поддержка; принятие решений; технологическое обслуживание; токарный станок 16К20.

Аннотация: Рассмотрены вопросы информационной поддержки принятия решений при проведении технологического обслуживания токарных станков перед началом и в ходе выполнения технологических операций, обеспечивающих высокое качество изготовления детали, способствующих повышению эффективности производства: увеличению сменной производительности на 15 – 17 %; сокращению простоев станочного оборудования до 10 %. Разработана информационно-логическая модель поддержки принятия решений, позволяющая в зависимости от текущего состояния узлов и деталей станка и заданных требований к изготовлению деталей предложить оптимальный вариант проведения технологического обслуживания и наладки токарных станков. Программная реализация информационно-логической модели осуществлена в среде экспертной системы CLIPS, основу составляет объектно-ориентированный язык COOL. Апробация модели выполнена на примере реализации мероприятий при проведении технологического обслуживания токарного станка 16К20.

Введение

Изобретенный в 650 году до н.э. токарный станок претерпел революционные изменения и в наше время является неотъемлемым оборудованием любого машиностроительного производства. Рассматривая данный вид оборудования с точки зрения надежности, следует отметить, что он является сложной технической системой с жесткими обратными связями и состоит из механической и электрической составляющих. Для него характерно ухудшение технических параметров в процессе эксплуатации, что выражается в естественном изменении геометрии, как таковой, то есть детали токарного станка, подвергаясь механическим и эрозионным воздействиям, в течение времени меняются в размерах. В результате чего их взаиморасположение в пространстве не соответствует проектной документации, а параллельности в конструкции нарушаются, что, безусловно, сказывается на жесткости станка в целом, его отдельных элементов и приводит к поломкам токарного станка.

Самому сильному физическому воздействию подвергаются в первую очередь движущие элементы – гидравлические системы и электрические привода. Следует отметить, что гидравлика является основным «больным» местом в любом токарном станке. Причина поломок гидравлики, как правило, в невысокой надежности уплотнителей, прокладок и сальников. В результате этого техническое масло начинает течь, попадая на пол, вызывая опасность для работника, или в бак смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ). Смазочно-охлаждающая жидкость при этом густеет, плохо прокачивается, вследствие чего инструмент перегревается, оказывает более жесткое воздействие на обрабатываемую деталь, провоцируя перегрев и даже поломку электропривода [1].

В российских машинах всех типов наиболее часто возникают всевозможные люфты, дробления, вибрации, отрицательно сказывающиеся на качестве обработки детали или делающие невозможной работу станка.

Внезапно возникающие нагрузки на электродвигатель при выполнении токарных работ приводят к поломкам в электрощитках. Кроме того, заливаемое масло не всегда соответствует предъявляемым требованиям (может быть более вязким, в том числе и по причине холода в производственном помещении), и, как следствие, не обеспечивает в токарном станке качественную централизованную смазку, увеличивая износ трущихся поверхностей, провоцируя перегрев насосов, заклинивание и разрушение узлов станка.

Кроме гидравлики и электродвигателей, являющих зоной риска работоспособности токарных станков, следует акцентировать внимание на «движущей» механике – подшипниках качения и зубчатых передачах. В результате влияния высокочастотной вибрации возможны процессы задевания и кавитации. Если, например, в коробке передач на зубчатых колесах имеются дефекты, то велика вероятность задевания и заклинивания, что может привести к выходу из строя соответствующей пары.

Следует отметить, что какое бы совершенное станочное оборудование не выпускалось, операции по его регулировке, настройке и контролю за технологическими параметрами будут присутствовать всегда. Это связано и с износом рабочих органов, и различием технологий изготовления деталей. Поэтому специалистам по техническому обслуживанию нужны глубокие знания не только по конструкции, теории производственных процессов в токарных станках, но и умение выполнять регулировку и настройку в зависимости от свойств и состояния обрабатываемого материала, технического состояния, износа деталей, узлов и механизмов [1].

В работе рассмотрены вопросы разработки информационно-логической модели (ИЛМ) поддержки принятия решений при проведении технологического обслуживания и наладки токарных станков перед началом и в ходе выполнения технологических операций.

Технические требования к токарным станкам

Для качественного выполнения всех токарных работ необходима тщательная подготовка и наладка станочного оборудования. Если эти работы проведены хорошо и в оптимальные сроки, с соблюдением всех правил, это положительно скажется на готовой детали. Некачественно выполненные токарные работы – неисправимый в большинстве случаев брак.

Профессиональная токарная обработка требует большого внимания буквально к каждому узлу агрегата, их верной настройки перед началом работы. Малейшие отклонения от требований провоцируют различные варианты дефектов, и конкретно: смещенная ось отверстия; элемент в форме конуса; сильная шероховатость поверхности детали; заготовка раздробилась и т.д.

Для формирования перечня мероприятий при проведении технологического обслуживания токарного оборудования необходимо руководствоваться основными документами, регламентирующими проведение проверки, регулировки и настройки; инструкций по эксплуатации заводов изготовителей, технических условий на отдельные узлы и механизмы. При этом основными критериями качества являются следующие: безопасность и легкость обслуживания; эксплуатационная надежность; производительность; материалоемкость; технологичность; точность работы; себестоимость; уровень эксплуатационных расходов. Точность работы станка должна соответствовать в течение всего срока его службы заданным показателям точности (допускам) размеров и формы обработанных на нем деталей. Эксплуатационная точность станка определяется его геометрической кинематической и динамической точностями, то есть способностью достаточно устойчиво сохранять свою форму и размеры неизменными при действии наибольших сил резания, веса обрабатываемой заготовки и вызываемых ими реактивных сил и моментов. Требуемая точность работы станка достигается правильной его компоновкой, достаточными жесткостью узлов и целого станка и виброустойчивостью. Эксплуатационную надежность станка, как и всякой другой системы, можно определить, как способность обеспечить выполнение задания в установленном объеме, обусловленную главным образом безотказностью и ремонтпригодностью. Количественно надежность должна определяться вероятностными характеристиками и параметрами. Эксплуатационная надежность станка практически зависит как от его конструкции, в частности от степени сложности его кинематической структуры и технологичности, так и, в еще большей степени, от качества изготовления и сборки.

Не соблюдение этих и других требований приводит к снижению качества токарных работ и производительности агрегатов.

Разработка информационно-логической модели поддержки принятия решений

Основным элементом системы поддержки принятия решения при проведении технологического обслуживания токарного оборудования перед началом и в ходе выполнения технологических операций является информационно-логическая модель (ИЛМ). В общем виде ИЛМ поддержки принятия решений представляет собой объединение множеств данных и связей между ними в виде правил. Отдельное продукционное правило, содержащееся в базе знаний, состоит из двух частей [2 – 7]: условной, состоящей из элементарных предложений, соединенных логическими связками «и», «или», и заключения, включающего в себя одно или несколько предложений, выражающих либо некоторый факт, либо указание на определенное действие, подлежащее исполнению.

Таким образом, ИЛМ может быть представлена следующим кортежем

$$M = (d_1, \dots, d_i, \dots, d_N, p_1, \dots, p_j, \dots, p_S),$$

где M – оператор ИЛМ; d_1, \dots, d_N – множество данных ИЛМ; p_1, \dots, p_S – множество правил.

В свою очередь правила, входящие в модель, построены по типу: *если ... «условия выполняются», то ... «реализация следствия»* [8 – 12.]

Рассмотрим правила, на основе которых должны приниматься решения по формированию перечня мероприятий технологического обслуживания токарного станка перед началом и в ходе выполнения технологических операций. Они собраны экспертами [13 – 16] и авторами в процессе контактов с наладчиками токарного оборудования.

В настоящее время база содержит более 90 производственных правил, с помощью которых может быть сформирован оптимальный перечень мероприятий технологического обслуживания токарного оборудования.

Ниже приведен пример правил применительно к универсальным токарно-винторезным станкам на примере 16К20 (рис. 1).

а) *Правила выбора мероприятий при устранении брака при работе на токарном станке 16К20:*

– если «брак при обтачивании цилиндрических поверхностей» = «часть поверхности детали осталась необработанной», то «неверные размеры заготовки» = «осматривать заготовку и проверять сомнительные размеры»;

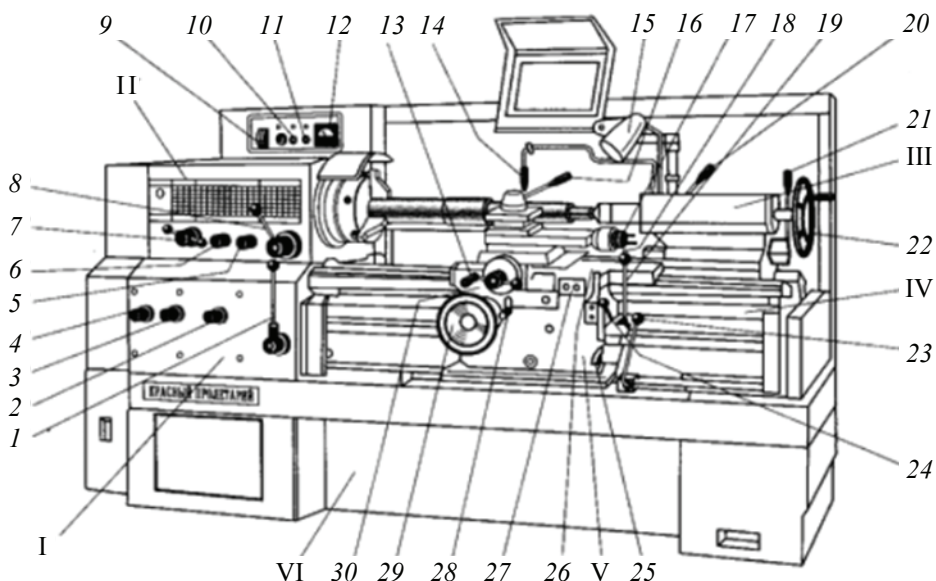


Рис. 1. Схема токарно-винторезного станка 16К20 и органов его управления:

основные узлы токарно-винторезного станка модели 16К20:

I – коробка подач 16К20; II – передняя бабка с коробкой скоростей;

III – задняя бабка; IV – станина; V – суппорт; VI – основание;

органы управления токарного станка по металлу 16К20:

1, 23 – рукоятка управления фрикционной муфтой главного привода; 2 – рукоятка установки величины подачи и шага резьбы и отключения механизма коробки подач; 3 – рукоятка установки подачи и типа нарезаемой резьбы; 4 – рукоятка установки величины подачи и шага резьбы; 5 – рукоятка установки правой и левой резьбы; 6 – рукоятка установки нормального или увеличенного шага резьбы и положения при делении многозаходных резьб; 7, 8 – рукоятка установки частоты вращения шпинделя; 9 – переключатель вводный автоматический; 10 – сигнальная лампа; 11 – переключатель электронасоса подачи охлаждающей жидкости; 12 – указатель нагрузки станка; 13 – рукоятка ручного перемещения поперечных салазок суппорта; 14 – регулируемое сопло подачи охлаждающей жидкости; 15 – лампы местного освещения кнопки; 16 – рукоятка поворота и зажима резцедержателя; 17 – рукоятка ручного перемещения верхних салазок суппорта; 18 – переключатель включения электродвигателя привода ускоренной подачи каретки и поперечных салазок суппорта; 19 – рукоятка управления перемещениями каретки и поперечных салазок суппорта; 20, 21 – рукоятки зажима пиноли задней бабки и ее крепления к станине соответственно; 22 – переключатель перемещения пиноли задней бабки; 24 – рукоятка включения и выключения резьбовой гайки ходового винта; 25 – рукоятка включения подачи; 26 – болт закрепления каретки на станине; 27 – кнопочная станция включения и выключения электродвигателя главного привода; 28 – рукоятка включения и выключения ременной шестерни; 29 – переключатель ручного перемещения каретки; 30 – переключатель золотника смазки направляющих каретки и поперечных салазок суппорта

– если «брак при обтачивании цилиндрических поверхностей» = «часть поверхности детали осталась необработанной», то «неправильная установка заготовки» = «проверить правильность установки заготовки»;

– если «брак при обтачивании цилиндрических поверхностей» = «часть поверхности детали осталась необработанной», то «неточное расположение центровых отверстий» = «следить за правильным расположением центровых отверстий»;

– если «брак при обтачивании цилиндрических поверхностей» = «размеры обточенной поверхности неверны, то есть диаметр больше нужного», то «неточная установка резца на глубину резания» = «проверить глубину резания и повторно обточить до нужного диаметра»;

– если «брак при обтачивании цилиндрических поверхностей» = «обточенная поверхность получилась конической», то «смещение заднего центра относительно переднего» = «правильно установить задний центр»;

– если «брак при обтачивании цилиндрических поверхностей» = «обточенная поверхность получилась овальной», то «биение шпинделя» = «замена подшипников и шеек»;

– если «брак при обтачивании цилиндрических поверхностей» = «обточенная поверхность получилась овальной», то «биение переднего центра» = «очистка переднего центра и конического отверстия шпинделя»;

– если «брак при обтачивании цилиндрических поверхностей» = «обточенная поверхность получилась нечистой», то «большая подача резца» = «проверить правильность выбора подачи, провести чистовую обработку»;

– если «брак при подрезании торцов и уступов» = «часть поверхности торца или уступа осталась необработанной», то «неправильная установка резца по длине детали или по высоте центров» = «проверка правильности установки детали и резца»;

– если «брак при подрезании торцов и уступов» = «неперпендикулярное расположение торца или уступа к оси детали», то «неправильная установка резца» = «проверка правильности установки резца»;

– если «брак при вытачивании канавок и отрезании» = «неверное расположение канавки по длине детали», то «неправильная разметка места под канавку» = «внимательная разметка рисок под канавки»;

– если «брак при вытачивании канавок и отрезании» = «ширина канавки меньше требуемой», то «ширина резца выбрана неверно» = «исправить брак дополнительным вытачиванием»;

– если «брак при вытачивании канавок и отрезании» = «глубина канавки меньше требуемой», то «неправильная длина прохода резца» = «доточить до требуемой глубины»;

– если «брак при сверлении» = «увод сверла», то «работа велась длинным сверлом» = «необходимо произвести предварительные надсверливания отверстия коротким сверлом того же диаметра»;

– если «брак при сверлении» = «увод сверла», то «неправильно заточенное сверло» = «предварительная проверка заточки сверла шаблонами, при необходимости перезаточить сверло»;

– если «брак при сверлении» = «увод сверла при сверлении металла, который имеет раковины или содержит твердые включения», то «необходимо уменьшить подачу»;

– если «брак при растачивании отверстий» = «отверстие получилось некруглым (овальным или с огранкой)», то «излишне сильный зажим детали в кулачках патрона» = «необходим более легкий зажим с уменьшением глубины резания и подачи» [15].

б) *Правила выбора мероприятий при неисправности шпинделя на токарном станке 16К20:*

– если «неисправность шпинделя» = «повышенное радиальное биение», то «изогнутость рабочего вала» = «правка вала шпинделя»;

– если «неисправность шпинделя» = «повышенное радиальное биение», то «недостаточная затяжка подшипников, зазоры» = «регулировка подшипников, подтяжка гайки затяжки подшипников»;

– если «неисправность шпинделя» = «шум в верхнем подшипнике», то «диагностика подшипника» = «промывка подшипника от грязи с заменой смазки или замена подшипника» [16].

в) *Правила выбора мероприятий при разных неисправностях:*

– если «неисправность станка» = «станок не запускается», то «падение или отсутствие напряжения питающей сети» = «проверить наличие и величину напряжения в сети»;

– если «неисправность станка» = «произвольное отключение электродвигателя во время работы», то «срабатывание теплового реле от перегрузки двигателя» = «уменьшить скорость резания или подачу»;

– если «неисправность станка» = «произвольное отключение электродвигателя во время работы», то «недостаточное натяжение ремней» = «увеличить натяжение ремней»;

– если «неисправность станка» = «не вращается диск маслоуказателя», то «нет масла в системе» = «залить масло»;

– если «неисправность станка» = «не вращается диск маслоуказателя», то «засорился один из фильтров» = «очистить фильтр»;

– если «неисправность станка» = «насос охлаждения не работает», то «недостаток жидкости» = «долить жидкость»;

– если «неисправность станка» = «насос охлаждения не работает», то «перегорели предохранители» = «заменить предохранителя»;

– если «неисправность станка» = «станок вибрирует», то «неправильная установка станка на фундаменте» = «выверить станок»;

– если «неисправность станка» = «станок вибрирует», то «износ стыка направляющих суппорта» = «подтянуть прижимные планки и клинья»;

– если «неисправность станка» = «крутящий момент шпинделя меньше указанного в руководстве», то «слабо затянута фрикционная муфта» = «увеличить затяжку муфты»;

– если «неисправность станка» = «усилие подачи суппорта меньше указанного в руководстве», то «недостаточно затянута пружина перегрузочного устройства» = «подтянуть пружину» [16].

Программная реализация информационно-логической модели осуществлена в среде экспертной системы CLIPS, основу составляет полноценный объектно-ориентированный язык COOL.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований разработана информационно-логическая модель поддержки принятий решений при проведении обслуживания токарного оборудования перед началом и в ходе выполнения технологических операций, позволяющая в зависимости от текущего состояния узлов и деталей станка и заданных требований к изготовлению деталей предложить оптимальный вариант мероприятий. Ее апробация, выполненная при обслуживании токарных станков, способствовала повышению эффективности производства: высокому качеству готовой детали, уменьшению брака до 5 %; увеличению сменной производительности на 15 – 17 %; сокращению простоев по техническим причинам до 10 %.

Список литературы

1. Ситников А. «Слабые места» отечественных токарных станков. – Текст : электронный / А. Ситников // Equipnet.ru. – URL : https://www.equipnet.ru/articles/tech/tech_411.html (дата обращения 14.04.2020).
2. Nemtinov, V. Automation of the Early Stages of Plating Lines Design / V. Nemtinov, N. Bolshakov, Yu. Nemtinova // MATEC Web of Conferences : International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2017), 11 – 15 September, 2017, Sevastopol. – 2017. – Vol. 129. – P. 01012.
3. Решение проблемы оптимального синтеза технологических процессов сложных систем / Е. Н. Малыгин, В. А. Немтинов, Ж. Е. Зимнухова, Ю. В. Немтинова // Вестн. Тамб. ун-та. Серия: Естественные и технические науки. – 2002. – Т. 7, № 2. – С. 242 – 245.
4. Рыбина, Г. В. Применение интеллектуального анализа данных для построения баз знаний интегрированных экспертных систем / Г. В. Рыбина // Авиакосмическое приборостроение. – 2012. – № 11. – С. 36 – 53.
5. Мокрозуб, В. Г. Постановка задачи разработки математического и информационного обеспечения процесса проектирования многоассортиментных химических производств / В. Г. Мокрозуб, Е. Н. Малыгин, С. В. Карпушкин // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2017. – Т. 23, № 2. – С. 252 – 264. doi: 10.17277/vestnik.2017.02.pp.252-264
6. Мокрозуб, В. Г. Информационно-логические модели технических объектов и их представление в информационных системах / В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов, С. Я. Егоров // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2010. – № 3. – С. 68 – 73.
7. Мокрозуб, В. Г. Системный анализ процессов принятия решений при разработке технологического оборудования / В. Г. Мокрозуб, Е. Н. Малыгин, С. В. Карпушкин // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2017. – Т. 23, № 3. – С. 364 – 373. doi: 10.17277/vestnik.2017.03.pp.364-373
8. Краснянский, М. Н. Математическое моделирование адаптивной системы управления профессиональным образованием / М. Н. Краснянский, А. И. Попов, А. Д. Обухов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2017. – Т. 23, № 2. – С. 196 – 208. doi: 10.17277/vestnik.2017.02.pp.196-208
9. Nemtinov, K. Rationale Construction of Individual Elements of Technological Complex / K. Nemtinov, A. Eruslanov, Yu. Nemtinova // MATEC Web of Conferences : International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2018), 10 – 14 September, 2018, Sevastopol. – 2018. – Vol. 224. – P. 02036
10. Nemtinov, V. A. On an Approach to Designing a Decision Making System for State Environmental Examination / V. A. Nemtinov, Yu. V. Nemtinova // Journal of Computer and Systems Sciences International. – 2005. – Vol. 44, No. 3. – P. 389 – 398.
11. Mokrozub, V. G. An Approach to Smart Information Support of Decision-Making in the Design of Chemical Equipment / V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov // Chemical and Petroleum Engineering. – 2015. – Vol. 51, No. 7. – P. 487 – 492. doi: 10.1007/s10556-015-0074-4
12. Mokrozub, V. G. Procedural Model for Designing Multiproduct Chemical Plants / V. G. Mokrozub, V. A. Nemtinov, A. V. Mokrozub // Chemical and Petroleum Engineering. – 2017. – Vol. 53, No. 5-6. – P. 326 – 331. doi: 10.1007/s10556-017-0342-6
13. Analysis of Decision-Making Options in Complex Technical System Design / V. A. Nemtinov, A. N. Zazulya, V. P. Kapustin, Yu. V. Nemtinov // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1278 (1). – P. 012018.

14. Бруштейн, Б. Е. Основы токарного дела / Б. Е. Бруштейн, В. И. Дементьев. – 4-е изд., доп. – М. : Профтехиздат, 1962. – 328 с.

15. Неисправности шпинделя и способы их устранения (список проблем и решений). – Текст : электронный // CNC Motors. – URL : <http://cncmotors.ru/articles/neispravnosti-shpindelya-i-sposoby-ix-ustraneniya-spisok-problem-i-reshenij/> (дата обращения 14.04.2020).

16. 1к62 ремонт станка. – Текст : электронный // Stanoktehpasport.ru. – URL : <http://www.stanoktehpasport.ru/1k62-remont-stanka> (дата обращения 14.04.2020).

Information Decision Making Support for Technological Maintenance of Lathes

V. A. Nemtinov¹, V. Yu. Bobylev¹,
Yu. V. Nemtinova^{1,2}, A. B. Borisenko¹

*Department of Computer-Integrated Systems in Mechanical Engineering (1),
kafedra@mail.gaps.tstu.ru; TSTU;*

*Department of Management, Marketing and Advertising (2), jnemtina@hotmail.com;
Derzhavin Tambov State University, Tambov, Russia*

Keywords: information support; decision making; technological service; Lathe 16K20.

Abstract: The issues of information support for decision-making during technological maintenance of lathes before and during the execution of technological operations that provide high quality parts, contributing to an increase in production efficiency: the increase of shift productivity by 15 - 17%; reduction in machine equipment downtime by 10%. An information-logical model of decision-making support has been developed, which, depending on the current state of machine components and parts and given requirements for the manufacture of parts, offers the best option for technological maintenance and commissioning of lathes. The software for the information-logical model is implemented in the environment of the CLIPS expert system, the basis is the COOL object-oriented language. The model was tested on the example of the implementation of measures during technological maintenance of a 16K20 lathe.

References

1. https://www.equipnet.ru/articles/tech/tech_411.html (accessed 14 April 2020).
2. Nemtinov V., Bolshakov N., Nemtinova Yu. MATEC Web of Conferences: International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2017), 11 - 15 September, 2017, Sevastopol, 2017, vol. 129, p. 01012.
3. Malygin Ye.N., Nemtinov V.A., Zimnukhova Zh.Ye., Nemtinova Yu.V. [The solution to the problem of optimal synthesis of technological processes of complex systems], *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki* [Bulletin of the Tambov University. Series: Natural and Technical Sciences], 2002, vol. 7, no. 2, pp. 242-245. (In Russ., abstract in Eng.)
4. Rybina G.V. [Application of data mining for building knowledge bases of integrated expert systems], *Aviakosmicheskoye priborostroyeniye* [Aerospace Instrumentation], 2012, no. 11, pp. 36-53. (In Russ., abstract in Eng.)

5. Mokrozub V.G., Malygin Ye.N., Karpushkin S.V. [Statement of the problem of developing mathematical and information support for the design process of multi-assorted chemical productions], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2017, vol. 23, no. 2, pp. 252-264, doi: 10.17277/vestnik.2017.02.pp.252-264 (In Russ., abstract in Eng.)

6. Mokrozub V.G., Nemtinov V.A., Yegorov S.Ya. [Information-logical models of technical objects and their representation in information systems], *Informatsionnyye tekhnologii v proyektirovanii i proizvodstve* [Information technologies in design and production], 2010, no. 3, pp. 68-73.

7. Mokrozub V.G., Malygin Ye.N., Karpushkin S.V. [A system analysis of decision-making processes during the development of technological equipment], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2017, vol. 23, no. 3, pp. 364-373, doi: 10.17277/vestnik.2017.03.pp.364-373 (In Russ., abstract in Eng.)

8. Krasnyanskiy M.N., Popov A.I., Obukhov A.D. [Mathematical modeling of the adaptive management system of vocational education], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2017, vol. 23, no. 2, pp. 196-208, doi: 10.17277/vestnik.2017.02.pp.196-208 (In Russ., abstract in Eng.)

9. Nemtinov K., Eruslanov A., Nemtinova Yu. MATEC Web of Conferences: International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2018), 10 - 14 September, 2018, Sevastopol, 2018, vol. 224, P. 02036.

10. Nemtinov V.A., Nemtinova Yu.V. On an Approach to Designing a Decision Making System for State Environmental Examination, *Journal of Computer and Systems Sciences International*, 2005, vol. 44, no. 3, pp. 389-398.

11. Mokrozub V.G., Nemtinov V.A. An Approach to Smart Information Support of Decision-Making in the Design of Chemical Equipment, *Chemical and Petroleum Engineering*, 2015, vol. 51, no. 7, pp. 487-492, doi: 10.1007/s10556-015-0074-4

12. Mokrozub V.G., Nemtinov V.A., Mokrozub A.V. Procedural Model for Designing Multiproduct Chemical Plants, *Chemical and Petroleum Engineering*, 2017, vol. 53, no. 5-6, pp. 326-331, doi: 10.1007/s10556-017-0342-6

13. Nemtinov V.A., Zazulya A.N., Kapustin V.P., Nemtinov Yu.V. Analysis of Decision-Making Options in Complex Technical System Design, *Journal of Physics: Conference Series*, 2019, vol. 1278 (1), p. 012018.

14. Brushteyn B.Ye., Dement'yev V.I. *Osnovy tokarnogo dela* [Fundamentals of turning business], Moscow: Proftekhizdat, 1962, 328 p. (In Russ.)

15. <http://cncmotors.ru/articles/neispravnosti-shpindelya-i-sposoby-ix-ustraneniya-spisok-problem-i-reshenij/> (accessed 14 April 2020).

16. <http://www.stanoktehpasport.ru/1k62-remont-stanka> (accessed 14 April 2020).

Informationsunterstützung der Entscheidungsfindung bei der Durchführung der technologischen Wartung der Drehmaschinen

Zusammenfassung: Es sind die Fragen der Informationsunterstützung für die Entscheidungsfindung bei der technologischen Wartung von Drehmaschinen vor und während der Ausführung von technologischen Vorgängen, die eine qualitativ hochwertige Verarbeitung des Teils gewährleisten und zur Steigerung der Produktionseffizienz beitragen, betrachtet: Steigerung der Schichtproduktivität um 15 bis 17%; Reduzierung der Ausfallzeiten der Maschinenausrüstung um 10%. Es ist ein informationslogisches Modell zur Entscheidungsunterstützung entwickelt, das je nach aktuellem Zustand der Maschinenkomponenten und -teile und den vorgegebenen Anforderungen an die Teilefertigung die beste Option für die technologische Wartung

und Inbetriebnahme von Drehmaschinen bietet. Die Software-Implementierung des informationslogischen Modells erfolgt in der Umgebung des CLIPS-Expertensystems, die Grundlage bildet die objektorientierte Sprache COOL. Das Modell ist am Beispiel der Implementierung von Maßnahmen während der technologischen Wartung der 16K20-Drehmaschine getestet worden.

Soutient informatique de la prise des décisions en matière de la maintenance technique des tours

Résumé: Sont examinées les questions d'appui de la prise des décisions lors de la maintenance technologique des tours avant et pendant les opérations technologiques assurant une haute qualité de la fabrication de la pièce, contribuant à une augmentation de l'efficacité de la production: augmentation de la productivité de remplacement de 15 à 17 %; réduction des temps d'arrêt des machines – outils jusqu'à 10 %. Est élaboré un modèle informatique et logique d'aide à la décision, permettant en fonction de l'état actuel des composants et des pièces de la machine et des exigences de la fabrication spécifiées pour les pièces, de proposer la meilleure option pour la maintenance technologique et la mise en place de tours. La mise en œuvre du modèle informatique et logique est réalisée dans l'environnement du système expert CLIPS, la base duquel est le langage COOL. La validation du modèle est réalisée à l'exemple de la mise en œuvre des mesures lors de la maintenance technologique du tour 16k20.

Авторы: *Немтинов Владимир Алексеевич* – доктор технических наук, профессор кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении»; *Бобылев Владислав Юрьевич* – магистрант; *Немтинова Юлия Владимировна* – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении», ФГБОУ ВО «ТГТУ»; доцент кафедры менеджмента, маркетинга и рекламы, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина»; *Борисенко Андрей Борисович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.

Рецензент: *Мокрозуб Владимир Григорьевич* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.