DOI - 10.32743/UniTech.2021.86.5.11825

**ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ СИСТЕМЫ
АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОЛОЧИЛЬНОЙ МАШИНОЙ,
ИМЕЮЩЕЙ ДЛИТЕЛЬНЫЙ СРОК ЭКСПЛУАТАЦИИ****Иванова Вера Павловна**

PhD, доцент,
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: veronika.tsipkina@yandex.com

Цыпкина Виктория Вячеславовна

PhD, доцент,
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: c-victory@yandex.com

Турабеков Ойбек Улугбекович

ассистент,
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: turabekovaybek@gmail.com

Муминов Хумоюн Асрор угли

ассистент,
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: mx_mix@mail.ru

Хайитмурадова Сайёра Музаффаровна

ст. преподаватель,
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: abduboriy2012@gmail.com

**ISSUES OF DEVELOPING AN IMPROVED AUTOMATIC CONTROL SYSTEM
FOR A DRAWING MACHINE WITH LONG SERVICE LIFE****Vera Ivanova**

Associate Professor, PhD,
Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
the Republic of Uzbekistan, Tashkent

Victoria Tsyapkina

Associate Professor, PhD,
Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
the Republic of Uzbekistan, Tashkent

Oybek Turabekov

Assistant,
Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
the Republic of Uzbekistan, Tashkent

Humoyun Mominov

Assistant,
Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
the Republic of Uzbekistan, Tashkent

Sayyora Hayitmuradova

Senior Lecturer,

Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

Рассматриваемые вопросы повышения эффективности эксплуатации волочильных машин, имеющих длительный срок эксплуатации. Существующая проблема улучшения работы кабельного оборудования, которое неоднократно подвергалось ремонту, который связан с выходом из строя узлов, механизмов, элементной базы является актуальной задачей, которую предлагается решить посредством усовершенствования имеющейся системы автоматического управления. Эта работа строилась на базе обобщенной математической модели технологического процесса волочения и разработанной на ее основе имитационной модели волочильной машины. Ввод данных, которые являются техническими характеристиками комплектующих технологического оборудования, осуществляется по результатам поведенной паспортизации волочильной машины, в ходе которой были определены объем и перечень деталей и узлов замененных в ходе проведения плановых и экстренных ремонтных работ оборудования. Анализ работы электромеханической системы кабельного агрегата позволил смоделировать возможные варианты замены комплектующих и совместимость их работы с электромеханической системой действующей волочильной машины имеющий длительный срок эксплуатации (более 10 лет и выше).

ABSTRACT

The issues under consideration are increasing the operation efficiency of wire-drawing machines with long service life. The existing problem of improving the operation of cable equipment, which has been repeatedly repaired, which is associated with the failure of nodes, mechanisms, element base, is an urgent task that is proposed to be solved through improving the existing automatic control system. This work was built based on a generalized mathematical model of the drawing process and simulation model of the wire-drawing machine, developed on its basis. The input of data, which are the technical characteristics of production equipment components, is carried out according to the results of the drawing machine certification, during which the volume and list of parts and nodes, replaced during scheduled and emergency equipment repairs, were determined. Analysis of the operation of electromechanical system of the cable unit allowed simulating possible variants of components replacement and compatibility of their work with the electromechanical system of the operating drawing machine with long service life (more than 10 years and above).

Ключевые слова: волочильная машина, волочение, электромеханическая система, автоматизированная система управления, система автоматического регулирования, система автоматического управления, волока, фильера, тянущий барабан, проволока.

Keywords: drawing machine, drawing, electromechanical system, automated control system, automatic regulating system, automatic control system, drawing die, die, intermediate block, wire.

Технология изготовления кабельно-проводниковой продукции (КПП) – это сочетание большого количества последовательно совершающих технологических операций, конечной целью которой является выпуск высококачественной готовой продукции. Бесперебойная работа кабельного изделия зависит от хорошо отлаженной технологии, а также от качественных показателей сырья и материалов входящих в его конструкцию.

Выпущенный производством и переданный для реализации готовый кабель или провод должен отвечать всем требованиям эксплуатационных служб.

При этом качество передачи энергии по токопроводящей жиле во многом определяется уровнем технологии волочения и бесперебойной, хорошо отлаженной работой технологического оборудования - волочильной машины (ВМ).

Технологическая операция волочение (рис. 1) на первый взгляд кажется довольно простой, т.к. определяется величиной вытяжки заготовки (3) получаемой за счет разности скоростей вращения тянущих барабанов (1) [1, 2]

Рисунок 1. Схема технологического процесса волочения (расчетная), где 1-тянущий барабан; 2-технологический инструмент (волока); 3- проволока; 4-намоточное устройство (приемный барабан)

Однако волочение – это достаточно сложный вид обработки металла давлением, потому что основной элемент, отвечающий за формирование правильной геометрии и точного выходного диаметра является технологический инструмент (волока или фильера).

Эффективность выполнения процесса волочения зависит от множества технологических факторов, определяемых техническим состоянием волочильной машины, качеством материала заготовки, свойствами технологического инструмента и технологической смазки. К основным технологическим параметрам волочения относится (рис.1): скорость волочения (v), угловая скорость тянущих шайб (ω), противонапряжение (N) и сила волочения (P), а также диаметр тянущей шайбы (D) и входной выходной диаметры проволоки (d). При этом следует отметить, что данные величины берутся в расчет исходя из маршрута волочения по номеру прохода (от 1 до n), где учитывается степень деформации заготовки/проволоки через частную, общую и технологическую вытяжку (μ).

Соблюдение данных величин в установленных (расчетных) пределах определяется общим техническим состоянием технологического оборудования (ВМ) и конструктивным исполнением волок. Наиболее важным технологическим параметром, определяющим эффективность производства КПП является время изготовления производственного заказа, т.е. быстрота выполнения технологических операций, которые на прямую зависят от скоростных параметров задействованного технологического оборудования. В паспорте завода-изготовителя на технологическое оборудование указываются установочные параметры (номинальные), которые изготовитель гарантирует при выполнении технологии. При этом данные параметры можно гарантировать и соответственно контролировать только при условии, если все комплектующие и узлы кабельной машины являются новыми, т.е. не выработавшими свой гарантийный срок. Однако, кабельные агрегаты не работают только 3 года (это срок гарантийного обслуживания), а как правило период их эксплуатации достигает до 25-40 лет. Со временем (по истечению срока гарантийного обслуживания) технической службой предприятия осуществляется замена вышедших из строя комплектующих, узлов и механизмов, как в плановом, так и аварийном режиме.

Замена запасных частей и комплектующих (ЗИПиК) осуществляется из имеющегося на предприятии фонда (объем имеющихся в наличии на складе). При этом их выбор осуществляется не всегда с соблюдением всех технических требований, а лишь с учетом основных. Закупка ЗИПиК, имеющих идентичные технические характеристики с деталями (узлами, механизмами, элементами), подлежащими замене в ремонтируемом оборудовании, не всегда дает хорошие результаты, потому что возникает разница в сроке ввода в эксплуатацию оборудования и временем приобретения комплектующих. Это связано с многими

причинами, где основной является прекращение выпуска кабельной машины (обновление номенклатурного ряда заводом-изготовителем) в связи с переходом на производство новых современных технологических линий и машин.

В связи с этим, актуальность изучения работы волочильного оборудования, имеющего срок эксплуатации 5 и более лет не только не снижается с течением времени, но и приобретает новую силу.

В настоящий момент поддержание требуемых технологических режимов волочения для действующей ВМ осуществляется техническим персоналом и операторами либо в ручном режиме или с панели оператора, согласно нормативной документации, разработанной технологами предприятия для каждого выпускаемого номенклатурного ряда продукции. Однако, действующая в ВМ система автоматического управления (САУ) имеет исходные данные для обеспечения управления, отражающие заводскую комплектацию технологического оборудования. Произведенные в течении периода эксплуатации ремонтные работы, сопровождавшиеся заменой вышедших из строя узлов и механизмов, не отражаются в базе данных САУ, которая продолжает функционировать без корректировки данных в системе автоматического регулирования (САР) техпроцессом. Все это оказывает негативное влияние на технологический процесс, т.к. установка требуемого диапазона по нормативной документации осуществляется по старым данным, сохраненным в САУ. Определение баланса входных и выходных сигналов система осуществляет по сохраненным данным заложённым программной обеспечении.

В этой связи, существует задача, решение которой позволит выполнить технологию с учетом изменений в комплектации ВМ по паспортным данным установленных новых деталей, узлов, механизмов и элементной базы для действующей ВМ. В настоящее время существует большое разнообразие современных измерительных систем и ИТ-технологии, которые позволяют осуществить контроль за соблюдением технологического режима и вывести техпроцесс на совершенно новый уровень.

Таким образом, повышение эффективности технологического процесса волочения, а в конечном счете улучшение качества отволоченной проволоки можно достичь выводом технологического оборудования на более высокий уровень автоматизации системы управления и как следствие заложить основу для автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП). Решение поставленной задачи охватывает заложенные в ВМ технические и программные ресурсы, а значит обеспечивает минимальное вмешательство оператора в работу кабельного агрегата в момент принятия особо важных технических решений.

С этой целью была поставлена исследовательская задача по изучению процесса волочения проволоки на ВМ с учетом работы электромеханической системы (ЭМС) и элементной базы для проведения комплекса работ по усовершенствованию САУ процессом волочения.

Основным недостатком волочения является большая вероятность обрыва отволоченной проволоки (рис. 1), а значит определение требуемого значения противонапряжения (N) позволит обеспечить повысить производительность технологии и уменьшить количество отходов кабельного производства.

Вопросами автоматизации волочильных станов, в настоящий момент, занимаются различные ученые, в том числе Т. Лисовская и Л. Радионова (ЮУрГУ, кафедра "Процессы и машины обработки металлов давлением", Россия), которые разработали цифровую комплексную систему управления ВС для исключения аварийных ситуаций [3, 5]. Специалисты "Элтех Украина" ООО (Украина) занимаются вопросами повышения производительности процесса волочения путем автоматизации процессов посредством преобразователей частоты "Hitachi" – это позволило осуществить контроль параметров волочения и расширить возможности волочильного стана волочения, в том числе и расширение диапазона сечений. Это стало возможным за счет плавного регулирования скорости волочения в диапазоне 1:1000 и более [4, 6] и т.п.

Проведенный анализ технической литературы и научных статей в этом направлении показал отсут-

ствие научных работ посвященных вопросам влияния замены узлов и механизмов, в том числе и элементной базы на качество работы ВМ и как следствие на эксплуатационные показатели отволоченной проволоки.

В идеале САУ ВМ должна при достижении какой-либо величины технологического параметра (критического значения), осуществляет стабилизацию ее до рабочего значения посредством внедрения высокой степени автоматизации и применением высокоточных измерительных датчиков и устройств. Все эти меры позволят создать условия для анализа энергосиловых параметров волочения и осуществить управление ВМ за счет сбора полученной информации и ее долговременном хранении в базе данных. Таким образом будут созданы хорошие условия для проведения исследований влияния технологических параметров процесса волочения на энергосиловые характеристики технологической машины, имеющей срок эксплуатации 20 лет и выше, которая была доукомплектована технической службой кабельного предприятия, после выхода из строя и заменой на новые современные узлы и механизмы, а также элементную базу.

Рисунок 2. Информационная модель технологического процесса волочения [1]

Поставленная задача решалась применением в комплексном исследовании обобщенной математической и компьютерной модели процесса волочения [7, 8, 9, 10]. В базовую модель были введен дополнительные параметры - данные технического обследования прямоточной волочильной машины ВПС-500 (1995г.), которые были собраны и проанализированы, по итогам проведенной паспортизации ВМ. На основании научных исследований разработана информационная модель доукомплектованной ВМ (рис. 2), включающая в себя технические данные по работе ЭМС, элементной базы, состава технологической эмульсии, технологическом инструменте, свойствах заготовки, подлежащей волочению (вся

информация взята с нормативной и сопроводительной документацией - технический паспорт оборудования, сертификат соответствия на изделие) [1]. Модернизированная ВМ включала в себя весь комплекс принципиально новых взаимосвязей, образованных с учетом доукомплектованных узлов и механизмов кабельного агрегата. При этом стало возможным достичь поставленную перед исследованием цель: обеспечение безаварийной работы волочильного оборудования в целом путем контроля выполнения требований к технологии, которые определяются условиями эксплуатации кабельных изделий.

Усовершенствование АСУ ВМ обеспечит гибкое, энергоэффективное волочение проволоки при

одновременном увеличении производительности, снижении капитальных и эксплуатационных затрат и повышении качества выходной продукции.

Рисунок 3. Функциональная схема автоматизированного электропривода прямоточного волочильного стана

Анализ функциональной схемы автоматизированного электропривода прямоточного волочильного стана (рис.3) позволил разработать математическую модель работы ВМ [11], в которой были учтены параметры ЭМС и получена возможность ввода (при необходимости) новых численных значений характеристик доукомплектованных деталей, узлов, механизмов и элементной базы. Общая теория систем подчиненного регулирования действующих координат с последовательной коррекцией обеспечивает работу всей тянущей системы посредством установленных регуляторов ЭМС межбарабанных промежуток. Входные параметры САУ устанавливаются так, чтобы имели действительные настройки систем [12, 13]. Таким образом, матмоделирование САУ и

САР технологическими параметрами ВМ, (структурная схема на рис. 4) позволило получить имитационную модель работы кабельного агрегата посредством которой стало возможным рассчитать варианты подбора новых узлов, механизмов и элементной базы при возникшей необходимости замены вышедших из строя частей механизма при ремонте технологического оборудования.

Проверка имитационной модели работы ВМ осуществлялась в динамическом режиме с заданными параметрами прямоточной волочильной машины ВПС-500. Расчеты показали адекватность математической модели путем проведения сравнительного анализа переходных процессов с экспериментальными результатами [14].

Рисунок 4. Структурная схема имитационной модели САУ ВМ

Рисунок 5. Результаты математического моделирования работы САУ ВМ

Проведенный, посредством имитационной модели (рис. 4), расчетный эксперимент позволил получить переходной процесс работы ЭМС ВМ (рис. 5). Основной целью проведенной научно-исследова-

тельской работы было проверить адекватность расчетной системы (математической и имитационной модели работы ВМ), как взаимосвязанной работы узлов и элементов ЭМС с учетом качественных параметров отволоченной проволоки.

Список литературы:

1. В.П. Цыпкина (Иванова), А.А. Хашимов, В.В. Цыпкина Автоматизация и модернизация технологических процессов волочения, обеспечивающих ресурсосбережение. Томск
2. <https://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2013/C43/V2/030.pdf>
3. Цыпкина В.В., Иванов А.А. Разработка обобщенных требований к модернизации электропривода волочильных машин кабельного производства // Universum: технические науки. 2017. №4 (37). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-obobschennyh-trebovaniy-k-mo-dernizatsii-elektroprivoda-volochilnyh-mashin-kabelnogo-proizvodstva> (дата обращения: 21.03.2021).
4. Уникальный автоматизированный волочильный стан создан в ЮУрГУ Трехкратный прямоточный волочильный стан Факультет материаловедения и металлургических технологий Политехнический институт Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет) <https://material.susu.ru/ru/news/уникальный-автоматизированный-волоч/>
5. Автоматизация волочильного стана (протяжного стана) для производства проволоки. <https://eltech.kiev.ua/pf47606-avtomatizatsiya-volochilnogo-stana.html>
6. Радионова Л.В., Фаизов С.Р., Лисовская Т.А., Лисовский Р.А Автоматизированный лабораторный волочильный стан, ЮУГУ, <https://elibrary.ru/item.asp?id=30503764>
7. Линия волочения, ООО Энерго-сервис http://econom-e.ru/?page_id=3503
8. Цыпкина В Иванов А 2017 Разработка обобщенных требований к модернизации электропривода волочильных машин кабельного производства // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. № 4 (37). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/4629> (дата обращения: 21.03.2021)
9. Tsyapkina V, Ivanova V 2019 Modeling of a resource-saving method of drawing E3S Web of Conference 139 (2019) 10 1073 RSES 2019 ([https://doi.org/10.1051/e3sconf/20191390E3S139\(2019\)101073](https://doi.org/10.1051/e3sconf/20191390E3S139(2019)101073))
10. Ivanova V, Tsyapkina V 2020 Improving the reliability of power supply to active consumers by improving the technology for manufacturing cable product E3S Web of Conferences 216, 01152 (2020) RSES 2020 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021601152>
11. Madrahimov D Ivanova V Tsyapkina V 2020 Improving the reliability of cable lines operation in hot climates E3S Web of Conferences 216, 01151 (2020) RSES 2020 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021601151>
12. Бульхин А.К., Кидяев В.Ф., Кижяев С.А. Электропривод и автоматизация волочильного оборудования. Самара. ООО "ИЦ Книга", 2002.
13. Карандаев А.С. Математическое моделирование тиристорного электропривода с переключающейся структурой / А.С. Карандаев, В.Р. Храмшин, В.В. Галкин, А.А. Лукин // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2010. – №3. – С. 47-53. 9.
14. Храмшин В.Р. Разработка и внедрение автоматизированных электроприводов и систем регулирования технологических параметров широкополосного стана горячей прокатки // Вестник ИГЭУ. – 2012. – №6. – С. 100-104.
15. Храмшин В.Р. Система автоматической коррекции скоростей электроприводов клеток широкополосного стана горячей прокатки // Вестник ЮУрГУ. Серия "Энергетика". – 2012. – № 37(296). – С. 60-67.
16. Isamukhamedov, D.N., Madrahimov, D.B., Atamukhamedova, R.F., Tairova, N.J. 2020 Issues of improving quality of contact wire E3S Web of Conferences 216, 01154 (2020) RSES 2020 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021601154>