

ISSN 0132-0890

www.rudmet.ru

ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Издается с 1961 года
(№ 1093)

01.2023

ИНЖИНИРИНГОВЫЙ ЦЕНТР КФУ

*Тема номера:
40 лет кафедре «Машиностроение»
Набережночелнинского института
Казанского федерального университета (стр. 15-37).*

ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Издательский дом
«Руда и Металлы»

№ 1 (1093), январь 2023 г.

Издается с 1961 г.

Ежемесячный научно-технический и производственный журнал
по актуальным проблемам металлургии и машиностроения

Учредители:

Акционерное общество
«Издательский дом
«Руда и Металлы»

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Национальный исследовательский
технологический университет «МИСиС»

Федеральное бюджетное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Магнитогорский государственный технический
университет им. Г. И. Носова»

При участии:

ПАО «ММК»
ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия»
имени С. П. Королева»
ОАО «БМЗ — управляющая компания холдинга «БМК»
ФГБУК «Государственный Эрмитаж»

Официальный информационный орган
Федерального УМО
«Технологии материалов»

Редакционный совет:

Главный редактор: В. М. Колокольцев
Первый зам. главного редактора: К. Л. Косырев
Зам. главного редактора: Е. В. Цирульников, А. Г. Воробьев
А. М. Беленький, В. Блек (Германия), Ю. Л. Бобарикин (Беларусь), О. И. Борискин, И. В. Буторина,
Р. М. Валеев, Е. П. Волынкина, А. В. Выдрин, С. П. Галкин, Е. А. Голи-Оглу (Дания), Я. М. Гордон (Канада),
Д. Г. Еланский, Н. А. Зюбан, И. Е. Илларионов, Л. М. Капуткина, А. А. Казаков, А. П. Коликов,
А. Г. Корчунов, А. В. Кушнарв, И. О. Леушин, И. П. Мазур, Т. Н. Матвеева, А. Е. Пелевин,
Ю. Ю. Пиотровский, И. М. Потравный, А. Н. Савенок (Беларусь), А. В. Серебряков, Е. Ю. Сидорова,
И. А. Султангузин, С. С. Ткаченко, А. Я. Травянов, Н. А. Чиченев, М. В. Чукин, П. Шеллер (Германия),
Е. А. Яценко

Редакция:

Зам. главного редактора: Е. В. Цирульников
Ответственный секретарь: Е. Ю. Рахманова

Издатель — АО «Издательский дом «Руда и Металлы»
Адрес издателя: 119049, Москва, Ленинский просп., 6,
стр. 2, МИСиС, оф. 622

Адрес редакции:

· фактический: 119049, Москва, Ленинский проспект 6,
стр. 2, МИСиС, оф. 617
· почтовый: 119049, Москва, а/я № 71
Телефон/факс: (495) 955-01-75
Эл. почта: chermet@rudmet.ru, tsirulnikov@rudmet.ru

www.rudmet.ru

Ежемесячный научно-технический и производственный журнал
по актуальным проблемам металлургии и машиностроения
«Черные металлы» № 1 (1093), январь 2023 г.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере
связи, информационных технологий и массовых коммуникаций
(Свидетельство ПИ № ФС77-48681 от 28.02.2012 г.)

Товарный знак и название «Черные металлы» являются исключительной
собственностью Издательского дома «Руда и Металлы»

Отпечатано с предоставленных готовых файлов
в типографии «Канцлер»
150044, Россия, Ярославль, ул. Полушкина Роща, 16, стр. 66А.
Тел. (4852) 58-76-33

Дата выхода в свет: 10.02.2023. Формат 60x90/8.
Печ. л. 11. Офсетная печать. Бумага офсетная.
Тираж 800 экз. Цена свободная

За достоверность рекламной информации ответственность несет рекламодатель
За достоверность научно-технической информации ответственность несет автор
Перепечатка материалов возможна только с письменного разрешения редакции
При перепечатке ссылка на «Черные металлы» обязательна
«Реклама» — материал публикуется на правах рекламы
Публикуемые материалы не обязательно отражают точку зрения редакции
и редсовета журнала

ISSN 0132-0890



9 770132 089006 >

Подписной индекс:

12985 («Пресса России»)

СОДЕРЖАНИЕ

Производство чугуна

- Д. Р. Ганин, А. Ю. Фукс.* Взаимосвязь газодутьевых параметров доменных печей и основных качественных показателей кокса в условиях АО «Уральская сталь» 4

Прокатка и металловедение

- И. С. Васильев, П. Ю. Жихарев, А. В. Пересторонин, В. В. Мухин.* Разработка технологии производства новых материалов на традиционных широкополосных станах горячей прокатки с применением современных методов численного и физического моделирования. Часть 2 8

40 лет кафедре «Машиностроение» Набережночелнинского института

Казанского федерального университета

- В. Г. Шibaков.* Кафедре «Машиностроение» Набережночелнинского института Казанского (Приволжского) федерального университета — 40 лет 15
- В. Г. Шibaков, Д. Л. Панкратов, А. М. Валиев, Р. В. Шibaков.* Штампуемость заготовок из горячекатаного толстолистового проката из микролегированной стали с высоким пределом текучести 19
- В. И. Астащенко, Г. Ф. Мухаметзянова, В. Е. Орлянский, И. Ж. Харисов.* Упрочнение длинномерных стальных изделий методом дробеструйной обработки 26
- Н. Н. Сафронов, Л. Р. Харисов, Д. Р. Афлятонов.* Технология и аппаратурное оформление переплава чугуновой стружки электрошлаковым процессом 32

Прокатка и другие процессы ОМД

- А. В. Цуканов, К. В. Лицин.* Разработка автоматизированной системы машины пакетной резки прокатного производства 38
- А. Р. Фастыковский, А. И. Мусатова, С. М. Кулаков, Н. В. Мартюшев, А. И. Карлина.* Разработка ситуационных моделей длительности производственных циклов изготовления партий готового проката. Сообщение 1 44

Порошковая металлургия

- С. И. Богодухов, Е. С. Козик, В. С. Гарипов.* Планирование экспериментов термической обработки изделий из порошковых сталей в электролитах. 52

Физика металлов

- С. А. Зайдес, Хо Минь Куан.* Оптимизация режимов маятникового поверхностного пластического деформирования для интенсификации напряженно-деформированного состояния деталей из углеродистой стали. 58

Машиностроительные технологии

- В. В. Максаров, М. А. Попов, В. П. Захарова.* Влияние параметров магнитно-абразивной обработки на керамический режущий инструмент для технологического обеспечения качества прецизионных изделий из хладостойких сталей. 67
- А. Н. Малышев, В. Д. Кухарь, А. В. Черняев, В. А. Коротков.* Испытание на растяжение образца из разнотолщинного листового материала 74

Экономика и финансы

- В. С. Васильцов, М. С. Ныш, А. В. Соловьева.* Управление развитием металлургической компании на основе алгоритма предынвестиционного анализа 80

Хроника

- Владимир Яковлевич Осадчий** 51

Журнал «Черные металлы» по решению ВАК Министерства образования и науки РФ включен в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук» по металлургии

Журнал «Черные металлы» включен в Международную базу данных Chemical Abstracts Service

Журнал «Черные металлы» включен в Международную базу данных Scopus, II квартал (2021)

(по версии SCIMAGO)

Разработка автоматизированной системы машины пакетной резки прокатного производства

А. В. Цуканов, магистрант¹, эл. почта: 03-06-2000@mail.ru

К. В. Лицин, доцент кафедры «Электропривод, мехатроника и электромеханика»², доцент кафедры «Электроэнергетики и электроники»³, канд. техн. наук, эл. почта: k.litsin@rambler.ru

¹ Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия.

² Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), Челябинск, Россия.

³ Новотроицкий филиал НИТУ «МИСиС», Новотроицк, Россия.

Описана разработка автоматизированной системы машины пакетной резки прокатного производства. Обосновано использование автоматизированной системы управления, обеспечивающей резку одновременно пяти труб диаметром 40 мм. Показана необходимость повышения эффективности производства за счет модернизации алгоритма работы машины и внедрения новых элементов автоматизации в ее состав. Проведен анализ технологического процесса работы участка пакетной резки. Разработана функциональная схема автоматизации с описанием каждого ее элемента и назначением его основных функций. Проведена разработка алгоритмов и визуализации технологического процесса работы автоматизированной системы машины пакетной резки. Проведено моделирование типового технологического режима ее работы. Разработанная АСУ машины пакетной резки позволяет увеличить срок эксплуатации дисковых пил за счет обеспечения равномерной нагрузки на зубья дисковой пилы при общем увеличении объемов продукции. Составлена смета капитальных затрат, рассчитаны расходы на содержание и эксплуатацию после внедрения разработанной АСУ. Согласно расчетам, срок окупаемости разработанной автоматизированной системы машины пакетной резки составляет 2,8 лет, а индекс доходности — 1,07.

Ключевые слова: прокатное производство, машина пакетной резки, автоматизированная система управления, технологический процесс, пила холодной резки, система визуализации, программируемый логический контроллер.

DOI: 10.17580/chm.2023.01.06

Введение

Дисковые пилы пакетной резки предназначены для одновременного реза нескольких труб [1]. Этот вид резки широко распространен в металлургической отрасли благодаря увеличению производительности реза в несколько раз [2, 3]. Система автоматизации, применяемая в пакетной резке, имеет преимущества перед любой неавтоматизированной системой вследствие равномерной нагрузки на зубья дисковой пилы [4], обеспечивающей более ровные концы труб и значительно увеличивающей продолжительность эксплуатации дисковых пил [5–7]. В рассматриваемом технологическом процессе после необходимых измерений и центровки формируется пакет из пяти труб для осуществления одновременной операции резки с целью достижения максимальной эффективности.

Алгоритм работы участка пил пакетной резки в условиях прокатного производства АО «Синарский трубный завод» (АО «СинТЗ») представлен на **рис. 1**.

В **таблице** представлен сортамент труб, используемый на данном предприятии.

Имеющееся в настоящий момент оборудование трубопрокатного цеха № 3 в АО «СинТЗ» не позволяет добиться одновременной резки пакета из пяти горячекатанных труб диаметром 40 мм. Поэтому актуальным направлением является внедрение автоматизированной системы, построенной на базе программируемого логического контроллера (ПЛК), датчиков [11, 12] и системы электропривода [13].

Целью данной работы является разработка автоматизированной системы машины пакетной резки для выполнения одновременной операции резки пакета из пяти труб с целью повышения эффективности работы и увеличения продолжительности срока эксплуатации дисковых пил.

Задачи:

- анализ технологического процесса работы участка пакетной резки трубопрокатного цеха № 3 АО «СинТЗ»;
- разработка функциональной схемы автоматизированной системы машины пакетной резки;
- разработка алгоритмов и визуализации технологического процесса работы автоматизированной системы машины пакетной резки;
- исследование режимов работы машины пакетной резки.

Научная новизна заключается в разработке алгоритма управления машиной пакетной резки, позволяющего проводить одновременно резку пакета из пяти труб при минимизации количества брака, а также в разработке автоматизированной системы, обеспечивающей увеличение срока эксплуатации дисковых пил.

Автоматизированная система

С целью достижения требуемых результатов разработана функциональная схема автоматизации (**рис. 2**). Пила холодной резки имеет двухэлектроприводную систему из электродвигателя пилы (М1) и двигателя привода подачи (М2). Каждый из электроприводов регулируется при помощи

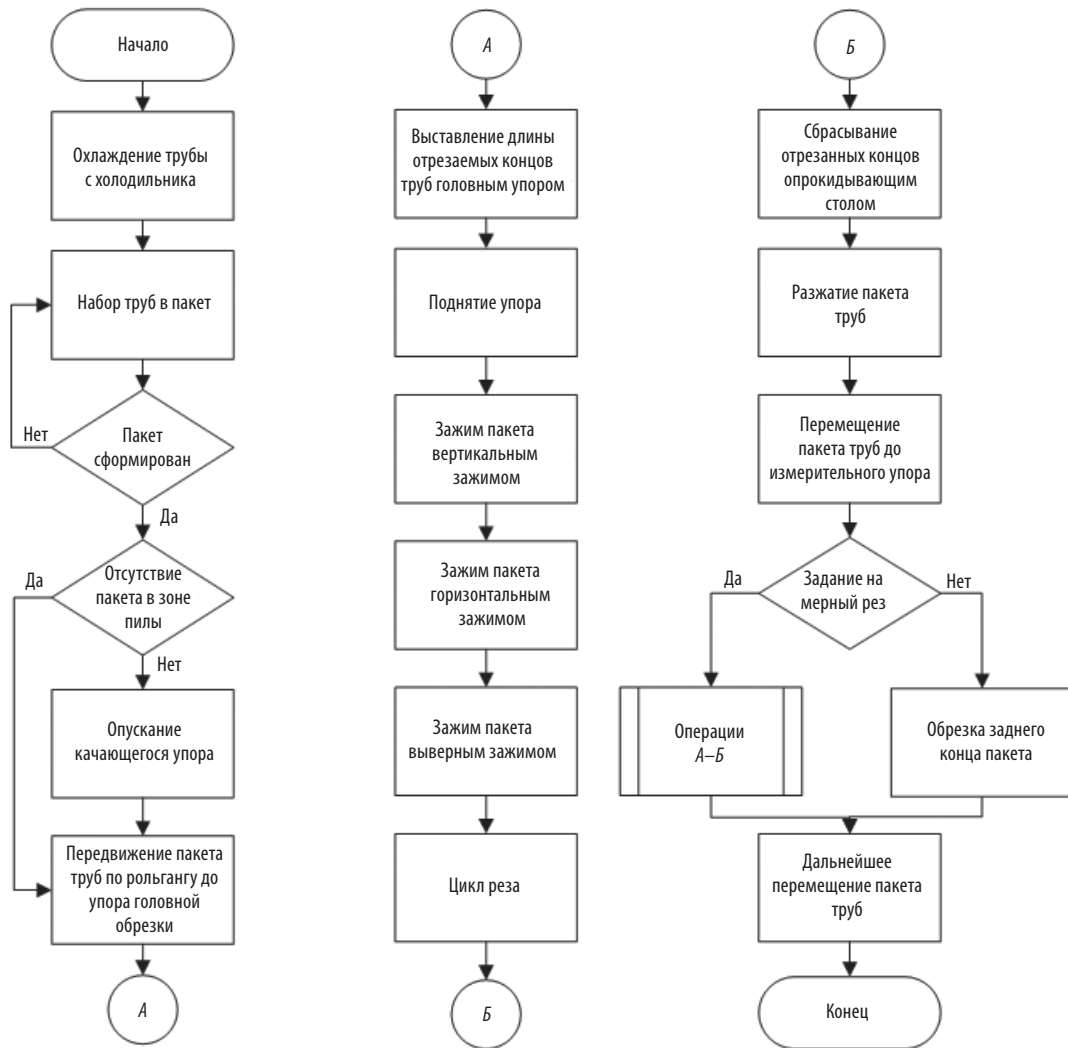


Рис. 1. Блок-схема алгоритма работы машины пакетной резки

Сортамент труб

Нормативный технический документ	Размеры труб, мм		Марка стали
	наружный диаметр	толщина стенки	
ГОСТ 8731–74 [8], ГОСТ 8732–78 [9] Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Технические требования. Сортамент	33,7–168	2,8–21	10, 20, 35, 45 и др.
ГОСТ Р 53383–2009 [10] Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Технические условия	33,7–168	2,8–21	10, 20, 35, 45, 09Г2С, 10Г2, 20Х, 15ХМ, 40Х, 30ХМА
DIN 2441 Трубы стальные с резьбой тяжелые	33,7–114,3	4,05–5,4	St 33.2
DIN 2440 Трубы стальные с резьбой средние	33,7–88,9	4,05–4,85	St 33.2
DIN 1629, DIN 2448 Бесшовные трубы из нелегированных сталей для особых требований	33,7–168,3	3,2–16	St 37.0, St 44.0, St 52.0
DIN 1630 Бесшовные кольцевые трубы из нелегированных сталей для особо высоких требований — технические условия поставки	33,7–168,3	3,2–16	St 37.4, St 52.4
DIN 17121 Трубы круглого сечения бесшовные из конструкционных сталей общего назначения для металлоконструкций	33,7–168,3	3,2–16	St 52.3
DIN EN 10210-1/2 Горячедеформированные полые профили для металлоконструкций из углеродистых конструкционных сталей и мелкозернистых конструкционных сталей — Часть 1 — Технические условия поставки; Часть 2 — Предельные отклонения, размеры и статические параметры	33,7–168,3	3,2–16	S355J2H
DIN 17175 Бесшовные трубы из жаропрочных сталей	33,7–88,9	3,2–10	St 35.8

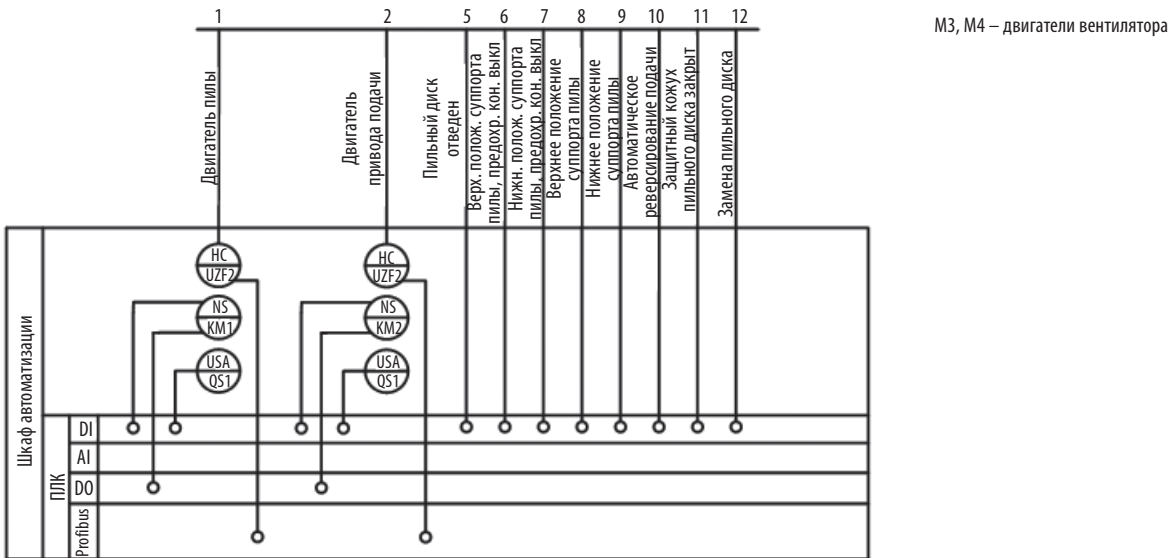
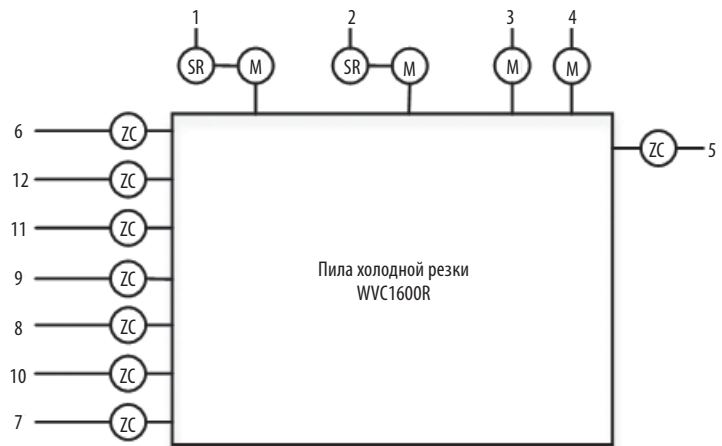


Рис. 2. Функциональная схема автоматизации

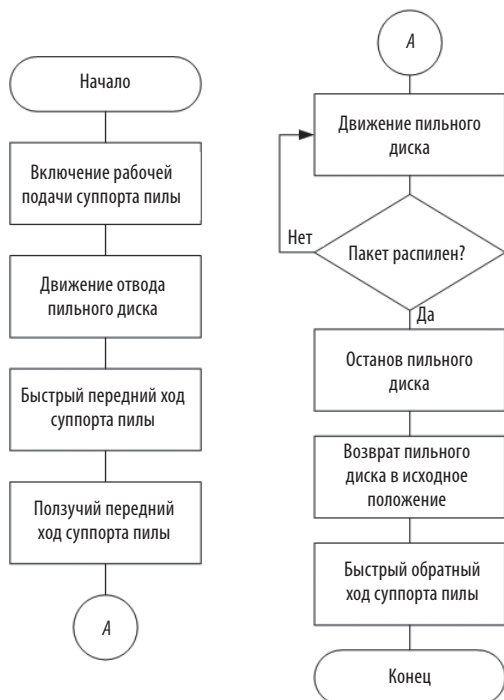


Рис. 3. Блок-схема алгоритма управления

преобразователей частоты UZF1 и UZF2. С модуля дискретного выхода сигналы поступают на магнитные пускатели KM1 и KM2. В структуре электропривода имеются автоматические выключатели QS1, QS2, необходимые для предварительного подключения привода к сети. Частотные преобразователи UZF1 и UZF2 подключены к программируемому логическому контроллеру по протоколу Profibus DP. Система электропривода построена по принципу обратной связи по скорости [14–16], поэтому используются энкодеры SR. Охлаждение выполняется внешними вентиляторами, регулируемые через электродвигатели (M3 и M4). Сигналы с датчиков пилы холодной резки поступают на вход дискретного модуля ПЛК. Назначение датчиков концевых выключателей ZC (5–12) показано на схеме: они необходимы для реализации дополнительных функций, позволяющих повысить эксплуатационные свойства режущего инструмента.

С целью повышения эффективности работы машины резки пил необходимо модернизировать лишь часть алгоритма управления, отвечающего за процесс реза. Подробный алгоритм цикла реза, представленный в виде блок-схемы, показан на рис. 3.

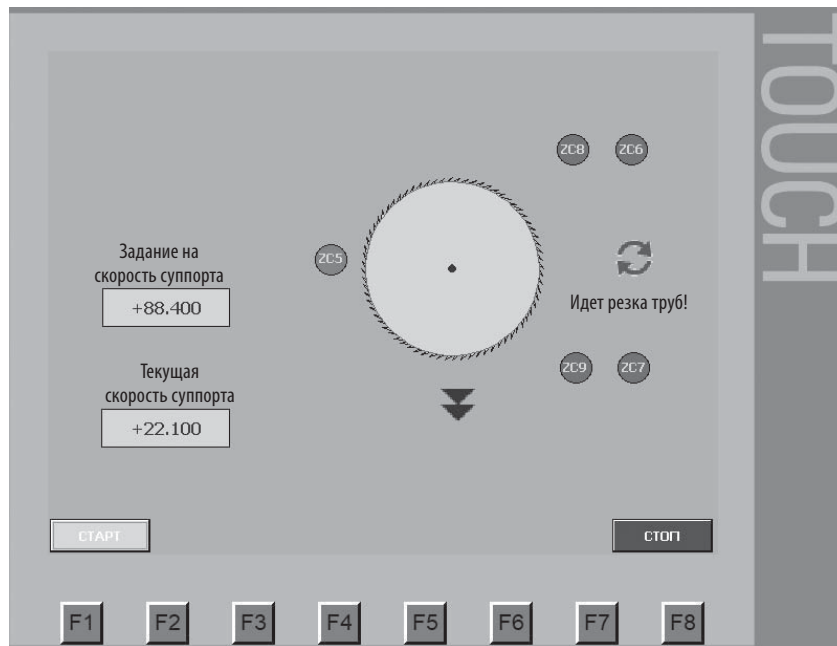


Рис. 4. Работа HMI-панели

Вся последовательность операций подтверждается конечными выключателями, в том числе и одним бесконтактным. После конца всех операций система ждет подтверждение предшествующих операций, которые запускали данный цикл реза (измерения, центрирования пакета труб и нахождения его в зоне реза). Данное подтверждение нахождения пакета труб и дальнейшего его распила запускает этот цикл заново.

Реализован данный алгоритм в системе разработки программного обеспечения TIA Portal V14. Программное обеспечение написано на языке релейной логики LAD.

Разработка системы визуализации управления технологическим процессом

Со своими открытыми стандартизированными интерфейсами оборудования и программного обеспечения продукты SIMATIC HMI могут быть внедрены на уровне производства и автоматизации так же, как и на уровень управления в любое время. Их можно присоединить почти к любому ПЛК и многоязычному программному обеспечению по проектированию и визуализации [17, 18].

Система визуализации будет состоять из HMI-панели MP 277. Данная система визуализации управления системой пакетной резки труб позволяет оператору контролировать процесс цикла реза, следить за скоростью привода, вносить свои изменения, а также наблюдать за работой всех исполнительных механизмов, участвующих в системе [19].

При разработке HMI-панели добавили кнопки: «СТАРТ» и «СТОП», при нажатии которых происходят начало выполнения цикла программы и ее остановка соответственно. Также в качестве предупреждения выведено окно «Кожух пыльного диска закрыт» для сообщения о возникновении данной проблемы, подтверждающая свое наличие срабатыванием конечного выключателя ZC11.

Кроме датчика ZC11 добавлено еще пять датчиков (см. рис. 2), два из которых (ZC6 и ZC7) полностью повторяют конечные выключатели ZC8 и ZC9. Данная мера необходима для обеспечения безопасности при выхождении из строя конечных выключателей ZC6 или ZC7 по причине их высокого уровня ответственности. Эти концевые выключатели отвечают за верхнее и нижнее положение суппорта пилы, при прохождении которых визуализация датчиков (рис. 4) загорается красным цветом, и оператор может сделать вывод о нахождении суппорта пилы. Конечный выключатель ZC5 является бесконтактным, отвечает за отвод пыльного диска и работает на панели аналогично предыдущим.

При быстром ходе суппорта загораются две нижние двойные стрелки, при ползучем — одна. При быстром возвращении суппорта пилы в исходное положение загорается верхняя стрелка.

При работе пилы справа от пыльного диска появляется знак вращения и подпись «Идет резка труб!». Слева от пыльного диска на панели присутствует поле ввода скорости, чтобы оператор самостоятельно задавал значение скорости суппорта пилы. Величина скорости выводится сверху от пыльного диска.

Обсуждение результатов исследования

Моделирование типового технологического режима проведено в той же среде разработки, что и программное обеспечение вместе с визуализацией системы автоматизации — в TIA Portal версии V14. В качестве эмулирования технологического процесса использован специальный пакет TIA Portal-S7-PLCSIM. Результат моделирования представлен на рис. 5.

В начальный момент времени значение всех сигналов равно нулю, кроме сигнала конечного выключателя верхнего положения суппорта пилы ZC8 (нахождение суппорта

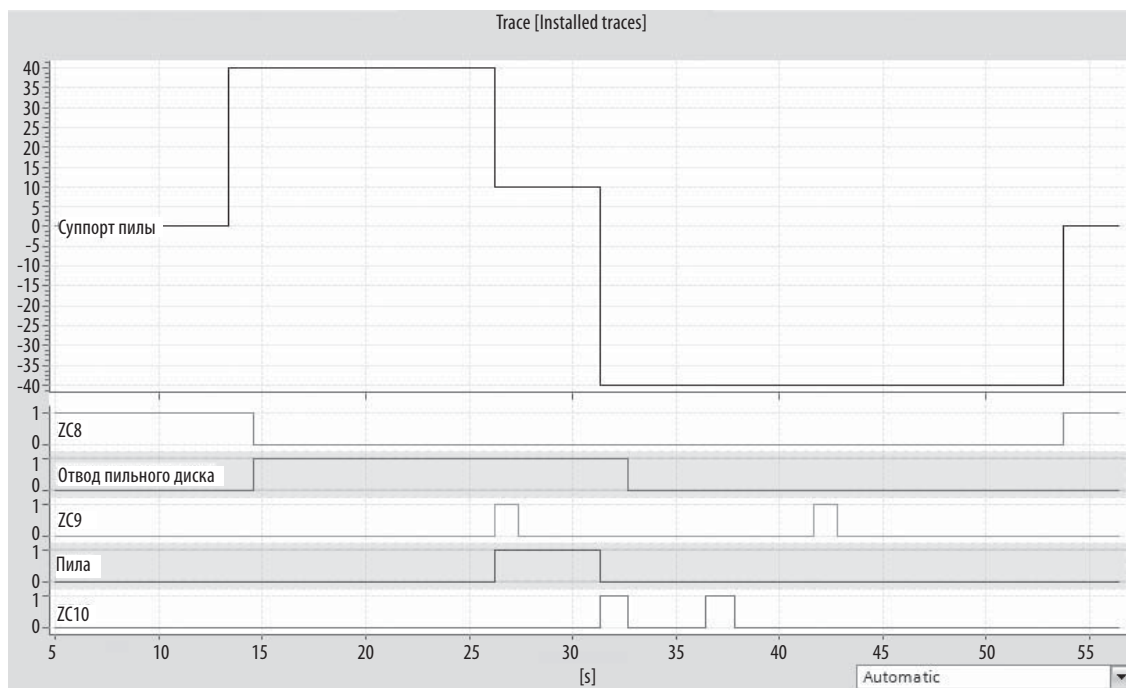


Рис. 5. Результат моделирования

сверху). При прохождении конечного выключателя ZC8 по отрицательному фронту срабатывает отвод пильного диска. При прохождении конечного выключателя ZC9 (нижнее положение суппорта пилы) одновременно включается ползучий ход суппорта пилы и сама пила. Начинается пакетная резка труб.

По переднему фронту ZC10 происходит автоматическое реверсирование подачи, т. е. быстрое обратное движение суппорта пилы. По отрицательному фронту датчика ZC10 пильный диск приходит в исходное положение. Все исполнительные механизмы возвращаются в исходное положение до повторного включения конечного выключателя ZC8. Следует также отметить, что при повторном срабатывании сигналов конечных выключателей ZC9 и ZC10 в системе ничего не происходит, так как в программе созданы условия, которые исключают управление системой по повторному срабатыванию сигналов этих датчиков.

Выводы

В ходе выполнения работы проведена разработка автоматизированной системы машины пакетной резки пил трубопрокатного цеха № 3 АО «СинТЗ». Разработанная автоматизированная система отвечает всем требованиям к сортаменту труб, резку которых проводили на заводе до ее внедрения. Автоматизированная система позволит снизить количество брака продукции благодаря получению более ровных концов труб при увеличении срока эксплуатации режущего оборудования за счет обеспечения равномерной нагрузки на зубья дисковой пилы.

Проведено моделирование режимов работы разработанной системы на базе программного обеспечения TIA Portal. Внедрение разработанной системы в АО «СинТЗ»

требует капитальных затрат на сумму 1,548 млн руб. Внедрение разработанной системы позволит увеличить прибыль предприятия на 836 тыс. руб. за счет увеличения объема выпуска продукции. Срок окупаемости проекта составит 2,8 года при индексе доходности, равном 1,07.

В настоящий момент завершены работы проектного этапа внедрения автоматизированной системы машины пакетной резки в АО «СинТЗ», ввод в эксплуатацию запланирован до февраля.

Библиографический список

1. Rahman A., Sarker S., Islam M. T. Simulating cutting line of a furniture industry // 2018 International Conference on Production and Operations Management Society (POMS), 2018. P. 1–7. DOI: 10.1109/POMS.2018.8629447.
2. Ai C., Jing W., Zhang H., Ze X., Zhao F. Research on precise locating control of large inertia ball mill // 2009 IEEE International Conference on Automation and Logistics, 2009. P. 1634–1638. DOI: 10.1109/ICAL.2009.5262682.
3. Банников А. И., Макарова О. А., Ширяев И. С., Осипов А. Д. Исследование распределения тепла в зубе пилы с учетом периодичности процесса при пакетной резке холодного металлопроката // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2020. № 8 (243). С. 7–13. DOI: 10.35211/1990-5297-2020-8-243-7-13.
4. Long H. Adaptive control of cutting temperature for CNC machine tool // 2021 International Conference of Social Computing and Digital Economy (ICSCDE), 2021. P. 51–55. DOI: 10.1109/ICSCDE54196.2021.00021.
5. Xia Z., Zhou K., Li X., Cui X. A method of robot laser cutting for small holes // 2016 9th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI), 2016. P. 1887–1891. DOI: 10.1109/CISP-BMEI.2016.7853025.
6. Узлов О. В., Дрожжевская А. В., Пучиков А. В., Гречка І. С. Повышение ресурса эксплуатации дисков пил холодной резки металла путем термической обработки // Металознавство та термічна обробка металів. 2019. № 4 (87). С. 10–15. DOI: 10.30838/J.PMHTM.2413.241219.10.595.
7. Банников А. И., Макарова О. А., Шуруин И. К., Зейналов Д. Р. Исследование напряжений пилы пакетной резки // Известия Волгоградского госу-

- дарственного технического университета. 2020. № 8 (243). С. 14–18. DOI: 10.35211/1990-5297-2020-8-243-14-18.
8. ГОСТ 8731–74. Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Технические требования. — Введ. 01.01.1976.
 9. ГОСТ 8732–78. Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент. — Введ. 01.01.1979.
 10. ГОСТ Р 53383–2009. Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Технические условия. — Введ. 01.03.2010.
 11. Setareh M., Parniani M., Aminifar F. An analytic methodology to determine generators redispatch for proactive damping of critical electromechanical oscillations // *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*. 2020. No. 2. P. 301–304.
 12. Litsin K. V., Tsukanov A. V. Automated electric drive for the control system of a two-coordinate welding machine // *Steel in Translation*. 2021. Vol. 51. No. 5. P. 314–319. DOI: 10.3103/S0967091221050089.
 13. Savsar M. A linear programming optimization model to minimize waste in cutting steel rods for table manufacturing // 3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA), 2021. P. 1–5. DOI: 10.1109/HORA52670.2021.9461270.
 14. Банников А., Макарова О. А., Ковалев А. А., Ширяев И. С. Исследование зависимости длины контакта от рабочего хода при пакетной резке холодного металлопроката // *Вопросы науки и образования*. 2020. № 21 (105). С. 15–19.
 15. Litsin K. V., Tsukanov A. V., Zhenenko A. I. Development of an automatic system for regulating sinter burden moisture at JSC "Ural Steel" // 2021 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), 2021. P. 557–560. DOI: 10.1109/ICIEAM51226.2021.9446371.
 16. Банников А. И., Макарова О. А., Ковалев А. А., Осипов А. Д. Исследование геометрических параметров заусенцев на торце трубы при пакетной резке холодного металлопроката // *Известия Волгоградского государственного технического университета*. 2021. № 1 (248). С. 7–9. DOI: 10.35211/1990-5297-2021-1-248-7-9.
 17. Wang Yu, Ding Guoqing, Ling Hangming, Yan Guozheng. The profile lining-cutting robot system based on offline program // *Proceedings of IEEE Region 10 International Conference on Electrical and Electronic Technology. TENCON 2001 (Cat. No. 01CH37239)*, 2001. Vol. 2. P. 597–600. DOI: 10.1109/TENCON.2001.949664.
 18. Лицин К. В., Цуканов А. В. Разработка автоматизированного электропривода системы управления двухкоординатным станком сварки // *Известия вузов. Черная металлургия*. 2021. Т. 64, № 5. С. 382–388.
 19. Компактная пила для резки заготовок компании Framag Industrieanlagenbau // *Черные металлы*. 2017. № 4. С. 15.

"Chernye metally", 2023, No. 1, pp. 38–43
DOI: 10.17580/chm.2023.01.06

Development of an automated system for stack cutting machine of rolling production

Information about authors

A. V. Tsukanov, Undergraduate¹, e-mail: 03-06-2000@mail.ru;

K. V. Litsin, Cand. Eng., Associate Prof. of Dep. "Electric Drive and Mechatronics"², Associate Prof. of Dep. "Electric Power and Electrical Engineering"³, e-mail: k.litsin@rambler.ru

¹ Orenburg State University, Orenburg, Russia.

² South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia.

³ Novotroitsk branch of NUST MISIS, Novotroitsk, Russia.

Abstract: The article describes the development of an automated system for a batch cutting machine for rolling production. The use of an automated control system is substantiated, as well as the development of an automated control system that allows cutting 5 pipes diameter 40 mm at the same time. The rationale for the need to improve production efficiency by modernizing the algorithm of the machine and introducing new automation elements into its composition is presented. The analysis of the technological process of the batch cutting section was carried out. A functional diagram of automation has been developed. A description of each element of the functional diagram of automation and the purpose of its main functions are presented. The development of algorithms and visualization of the technological process of the automated system of the batch cutting machine was carried out. Modeling of a typical technological mode of operation of a batch cutting machine has been carried out. An automated system of a batch cutting machine has been developed, which makes it possible to increase the service life of circular saws by ensuring a uniform load on the teeth of a circular saw, with a general increase in production volumes. An estimate of capital costs has been compiled, maintenance and operation costs have been calculated after the introduction of the developed automated system. According to calculations, the developed automated system of the batch cutting machine will pay off in 2.8 years, and the profitability index is 1.07.

Key words: rolling production, batch cutting machine, automated control system, technological process, cold cutting saw, visualization system, programmable logic controller.

References

1. Rahman A., Sarker S., Islam M. T. Simulating Cutting Line of a Furniture Industry. *International Conference on Production and Operations Management Society (POMS)*, 2018. pp. 1–7. DOI: 10.1109/POMS.2018.8629447.
2. Ai C., Jing W., Zhang H., Ze X., Zhao F. Research on precise locating control of large inertia ball mill. *IEEE International Conference on Automation and Logistics*, 2009. pp. 1634–1638. DOI: 10.1109/ICAL.2009.5262682.
3. Банников А. И., Макарова О. А., Ширяев И. С., Осипов А. Д. Investigation of heat distribution in the saw tooth, taking into account the periodicity of the process during stack cutting of cold rolled metal. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2020. No. 8 (243). pp. 7–13. DOI: 10.35211/1990-5297-2020-8-243-7-13.
4. Long H. Adaptive control of cutting temperature for CNC machine tool. *International Conference of Social Computing and Digital Economy (ICSCDE)*, 2021. pp. 51–55. DOI: 10.1109/ICSCDE54196.2021.00021.
5. Xia Z., Zhou K., Li X., Cui X. A method of robot laser cutting for small holes. 9th *International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI)*, 2016. pp. 1887–1891. DOI: 10.1109/CISP-BMEI.2016.7853025.
6. Uzlou O. V., Drozhevskaya A. V., Puchikov A. V., Grechka I. S. Increasing the service life of saw blades for cold metal cutting by heat treatment. *Metalloznavstvo ta termichna obrabka metaliv*. 2019. No. 4 (87). pp. 10–15. DOI 10.30838/J.PMHTM.2413.241219.10.595.
7. Банников А. И., Макарова О. А., Шкурин И. К., Зейналов Д. Р. Investigation of the stresses of a stack cutting saw. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2020. No. 8 (243). pp. 14–18. DOI: 10.35211/1990-5297-2020-8-243-14-18.
8. ГОСТ 8731–74. Steel seamless hot-deformed pipes. Technical requirements. Introduced: 01.01.1976.
9. ГОСТ 8732–78. Steel seamless hot-deformed pipes. Dimension range. Introduced: 01.01.1979.
10. ГОСТ Р 53383–2009. Steel seamless hot-deformed pipes. Technical specifications. Introduced: 01.03.2010.
11. Setareh M., Parniani M., Aminifar F. An analytic methodology to determine generators redispatch for proactive damping of critical electromechanical oscillations. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*. 2020. No. 2. P. 301–304.
12. Litsin K. V., Tsukanov A. V. Automated electric drive for the control system of a two-coordinate welding machine. *Steel in Translation*. 2021. Vol. 51. No. 5. pp. 314–319. DOI: 10.3103/S0967091221050089.
13. Savsar M. A linear programming optimization model to minimize waste in cutting steel rods for table manufacturing. 3rd *International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)*, 2021. pp. 1–5. DOI: 10.1109/HORA52670.2021.9461270.
14. Банников А. И., Макарова О. А., Ковалев А. А., Ширяев И. С. Investigation of the dependence of the contact length on the working stroke during stack cutting of cold rolled metal. *Voprosy nauki i obrazovaniya*. 2020. No. 21 (105). pp. 15–19.
15. Litsin K. V., Tsukanov A. V., Zhenenko A. I. Development of an Automatic System for Regulating Sinter Burden Moisture at JSC Ural Steel. *International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM)*, 2021. pp. 557–560. DOI: 10.1109/ICIEAM51226.2021.9446371.
16. Банников А. И., Макарова О. А., Ковалев А. А., Осипов А. Д. Investigation of the geometric parameters of burrs at the end of the pipe during stack cutting of cold rolled metal. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2021. No. 1 (248). pp. 7–9. DOI 10.35211/1990-5297-2021-1-248-7-9.
17. Wang Yu, Ding Guoqing, Ling Hangming, Yan Guozheng. The profile lining-cutting robot system based on offline program. *Proceedings of IEEE Region 10 International Conference on Electrical and Electronic Technology. TENCON 2001 (Cat. No. 01CH37239)*. 2001. Vol. 2. pp. 597–600. DOI: 10.1109/TENCON.2001.949664.
18. Litsin K. V., Tsukanov A. V. Development of automated electric drive for the control system of two-coordinate welding machine. *Izvestiya Ferrous Metallurgy*. 2021. Vol. 64. No. 5. pp. 382–388. DOI: 10.17073/0368-0797-2021-5-382-388.
19. Compact saw for billet cutting presented by Framag Industrieanlagenbau. *Chernye Metally*. 2017. No. 4. p. 15.