



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский государственный технологический университет
«СТАНКИН»

МАТЕРИАЛЫ

студенческой
научно-практической конференции

Автоматизация и информационные технологии
(АИТ-2026)

ИНСТИТУТ ЦИФРОВЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

МОСКВА
2026

УДК 002:621
ББК 73:34.4

Материалы 1-го этапа студенческой научно-практической конференции «Автоматизация и информационные технологии (АИТ-2026)». Том 3: Сборник докладов института цифровых интеллектуальных систем. – М.: ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», 2026. – 148 с.

В сборник докладов включены материалы 1-го этапа студенческой научно-практической конференции «Автоматизация и информационные технологии» (АИТ-2026), проводившейся в институте цифровых интеллектуальных систем (ИЦИС). Конференция проводилась очно/дистанционно по секциям: «Автоматизация и управление», «Робототехника и мехатроника», «Информационно-измерительные системы и метрология».

ОРГКОМИТЕТ

Председатель оргкомитета:

Падалкин Б.В. – ректора

Заместитель председателя оргкомитета:

Капитанов А.В. – проректор по научной работе;

Шехтман С.Р. – проректор по учебной работе.

Члены оргкомитета:

Захаров О.В. – директор ИЦИС;

Коришунова Е.Д. – директор ИСТМ;

Сосенушкин С.Е. – директор ИИТ;

Стебулянин М.М. – директор ИПТИ;

Тюрбеева Т.Б. – начальник НИЧ;

Сотова Е.С. – ответственный секретарь конференции, начальник ООИД.

УДК 002:621

ББК 73:34.4

© ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», 2026

СОСТАВ ЖЮРИ

Секция 10 «Автоматизация и управление»

Председатель жюри секции:

Пушков Р.Л. – к.т.н., доцент кафедры КСУ.

Члены жюри:

Евстафиева С.В. – старший преподаватель кафедры КСУ;

Абросимов М.А., преподаватель;

Чумак Р.Р., преподаватель;

Захаров А.С. – преподаватель кафедры КСУ;

Мартемьянова Н.С. – преподаватель кафедры КСУ;

Соколов С.В. – к.т.н., доцент кафедры КСУ.

Секция 11 «Робототехника и мехатроника»

Председатель жюри секции:

Стебулянин М.М. – д.т.н., профессор, и.о. заведующего кафедрой РИМ.

Члены жюри:

Игнатьев В.А. – к.т.н., доцент, доцент кафедры РИМ

Шереужев М.А., к.т.н., доцент;

Поливанов А.Ю. – к.т.н., доцент кафедры РИМ;

Собольников С.А. – к.т.н., доцент кафедры РИМ.

Секция 12 «Информационно-измерительные системы и метрология»

Председатели жюри секции:

Мастеренко Д.А. д.т.н., профессор кафедры ИИСиТ - председатель.

Члены жюри:

Глубокова С.В. – к.т.н., доцент кафедры ИИСиТ;

Брагина М.Д., старший преподаватель;

Емельянов П.Н. – к.т.н., доцент, доцент кафедры ИИСиТ;

Глубоков А.В., к.т.н., доцент;

Забелин А.В., старший преподаватель;

Соколов В.А. – к.т.н., доцент кафедры ИИСиТ.

Шулепов А.В. – к.т.н., доцент, доцент кафедры ИИСиТ;

ОГЛАВЛЕНИЕ

Секция № 10 Автоматизация и управление

1	Алферов М.Д.	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЛОГИСТИКОЙ	10
2	Аравин А.Д.	АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ СБОРА, ХРАНЕНИЯ, ВИЗУАЛИЗАЦИИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ 3D-ПРИНТЕРА	11
3	Аскарров Д.	РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЁННОЙ СИСТЕМЫ ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И МОНИТОРИНГА НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ И ТЕХНОЛОГИИ LORA	12
4	Астафьев В.О.	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ИНТЕГРАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ОТЕЧЕСТВЕННУЮ SCADA-СИСТЕМУ	13
5	Ашуrows М.М.	РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ БЕСПРОВОДНОГО УПРАВЛЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫМ МАНИПУЛЯТОРОМ	14
6	Бойко А.	РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВВОДА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ В БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	15
7	Власкин. С.А.	РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ГЕЙМИФИКАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ ИНТЕРАКТИВНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ	16
8	Гажев С.	РАЗРАБОТКА ЦИКЛОВ ОПИСАНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ОТВЕРСТИЙ ДЛЯ СЧПУ «АКСИОМА КОНТРОЛЬ»	17
9	Голубев С. Г.	МОДЕРНИЗАЦИИ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА	18
10	Громов Д.А.	РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ МИКРОКЛИМАТА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ	19
11	Денисенко Е.П.	ПОВЫШЕНИЕ ГИБКОСТИ ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ У СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ 15.03.04 «АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ»	20
12	Ежов В.П.	МОДЕРНИЗАЦИЯ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СВАРОЧНЫМ РТК НА БАЗЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ	21
13	Елсуков М В.	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАРШРУТНЫХ КАРТ В ПРОИЗВОДСТВЕ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	22
14	Жильцов С.Е.	АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ	23
15	Зверев Я.И.	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ К ОТКАЗАМ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ	24
16	Зиновьев В.А.	РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ СИНХРОНИЗАЦИИ И КОНТРОЛЯ ВЕРСИЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ДЛЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ	25
17	Ипполитова В.В	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ОНЛАЙН-СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ РАБОТЕ С НЕРЕЛЯЦИОННЫМИ БАЗАМИ ДАННЫХ	26
18	Исхаков В.С.	РАЗРАБОТКА РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА СБОРКИ УНИВЕРСАЛЬНОГО БЛОКА КУЗОВНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ	27
19	Исхаков Р.М.	РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СКЛАДОМ ДЛЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА	28
20	Калабухов В.В.	РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМОВ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ СТАНОЧНОЙ ПАНЕЛИ К ЯДРУ СИСТЕМЫ ЧПУ	29
21	Касеев Б.М.	ИНТЕРАКТИВНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЛАЗЕРНОЙ ГРАВИРОВКИ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ПРЕДПРОСМОТРА НАСТРОЙКИ ПАРАМЕТРОВ	30
22	Катунин А.В.	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРОМ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЫСТРОЙ СМЕНЫ ИНСТРУМЕНТА НА МНОГОКООРДИНАТНОМ ОБРАБАТЫВАЮЩЕМ ЦЕНТРЕ С ЦЕПНЫМ МАГАЗИНОМ	31
23	Комаров А.С.	РАЗРАБОТКА КОНВЕРТЕРА ПЛК ПРОГРАММ НА ЯЗЫКЕ FBD	32
24	Кондратьев В.Е.	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДБОРА ИНСТРУМЕНТА НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ	33

25	Кондратьева Д.Д.	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ОНЛАЙН-СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЮ НА G-КОДЕ	34
26	Корнеев М.А.	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЛЯ СЧПУ «АксиОМА Контроль»	35
27	Королев К.В.	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧИРОВАНИЯ И АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ	36
28	Косяков А.А.	РАЗРАБОТКА НЕЧЕТКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ ЧИСТОГО ПОМЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ	37
29	Котов Д.А.	РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ УП ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПА ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ ДЛЯ СЧПУ «АКСИОМА КОНТРОЛЬ»	38
30	Кузьменков А.В.	РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМОВ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ	39
31	Куров Д.А.	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КРОССПЛАТФОРМЕННОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ РАСЧЁТОВ ДЛЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ	40
32	Лебедева А.Б.	РАЗРАБОТКА МАСШТАБИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И МОНИТОРИНГА АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ СКЛАДОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ OPC UA	41
33	Маркосян Д.А.	ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧАСТКА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЫХОДНЫХ РАЗМЕРОВ УГЛЕПЛАСТИКОВЫХ СТЕРЖНЕЙ	42
34	Мартынов Ф.Е.	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ ПОМЕЩЕНИЙ НА БАЗЕ ПИД-РЕГУЛИРОВАНИЯ И НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ	43
35	Мелешенко И.А.	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ЧАСТИЦ ПРОЦЕССА ГАЗОТЕРМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ	44
36	Мельников Н. А.	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ОТСЛЕЖИВАНИЯ НАЛИЧИЯ И СОСТОЯНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА СТАНКАХ С ЧПУ	45
37	Метельков П.Н.	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИАЛОГОВОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ	46
38	Морозов А.С.	РАЗРАБОТКА ЦИКЛА ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПЛОСКОСТИ С УСТУПАМИ ДЛЯ СЧПУ «АксиОМА Контроль»	47
39	Морозов Д.А.	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ	48
40	Мьо Мин Аунг	РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОСТРОЕНИЯ СТАНОЧНЫХ ПУЛЬТОВ СЧПУ	49
41	Наинг Лин Аунг	РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СМЕНОЙ ИНСТРУМЕНТА НА СТАНКЕ С ЧПУ НА БАЗЕ ПЛК	50
42	Нахушев А.А.	АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЗАХВАТНЫМ МЕХАНИЗМОМ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА	51
43	Нгема Манге Хуан Роналдо Нсуэ	АВТОМАТИЗАЦИЯ СТАНЦИИ ОЧИСТКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ВОДЫ ДЛЯ КАПЕЛЬНОГО ПОЛИВА	52
43	Ндлову М.	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ГИБКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ ПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ	53
44	Нигматов О.Р.	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СИНТЕЗА ИСКУССТВЕННЫХ АЛМАЗОВ	54
45	Орлов М.П.	МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КРОССПЛАТФОРМЕННОГО ИНТЕРФЕЙСА ОСЦИЛЛОСКОПА ДЛЯ СИСТЕМЫ ЧПУ	55
46	Петровичева А.С.	РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПОСТРОЕНИЯ ВСТРАИВАЕМЫХ ИНТЕРФЕЙСНЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ КОНФИГУРИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА СИСТЕМ ЧПУ	56
47	Пивкин А.Е.	АНАЛИЗ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ СИСТЕМЕ.	57

48	Робсон М.Д.	АВТОМАТИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ	58
49	Сахневич А.С.	МОДУЛЬ СОПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ СУДОВ И НЕФТЯНЫХ РАЗЛИВОВ	59
50	Сидибе Боурама Адама	АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ В ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ	60
51	Сидоров А.В.	ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ С ФУНКЦИЕЙ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ	61
52	Синельников М.С.	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕРМИНАЛОВ УДАЛЁННОГО МОНИТОРИНГА ПЛК ПО ПРОТОКОЛУ OPC UA	62
53	Слесарев А.О.	РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ НА ОСНОВЕ ВЕКТОРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ	63
54	Солдатов А.Ю.	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАРИЯ УПРАВЛЕНИЯ МАШИННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ СЧПУ	64
55	Степаненко К.В.	РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ БИБЛИОТЕК ИЗДЕЛИЙ АВИАСТРОЕНИЯ В T-FLEX CAD	65
56	Сухомлинов Д.А.	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ВАКУУМНОГО ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ	66
57	Тараканов А.А.	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ ИМПОРТА ДАННЫХ ЧЕРТЕЖА ДЛЯ СЧПУ «АКСИОМА КОНТРОЛЬ»	67
58	Тимофеев Д.К.	НАГРУЗОЧНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЛИНЕЙКИ ПТК КОМЕГА	68
59	Третьяков А.А.	РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ УТИЛИТЫ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СТАНКА С ЧПУ	69
60	Уткина Т.К.	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ГЕНЕРАЦИИ ПОДБОРА СПЕЦИФИКАЦИИ НАПРАВЛЯЮЩИХ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ЗАДАНИЮ	70
61	Ушков П.Н.	АНАЛИЗ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛИНИЙ, ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ СИСТЕМЕ	71
62	Хайме Лоренцо Э.	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ИНТЕРФЕЙСА СБОРА И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ ДЛЯ ЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ CODESYS С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОТОКОЛА OPC UA	72
63	Челушкин А.А.	РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ПОДДЕРЖКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ	73
64	Чжо Зин У	ПОСТРОЕНИЕ МАКЕТА СИСТЕМЫ ЭХОЛОКАЦИИ НА БАЗЕ ARDUINO	74
65	Чинда Тане Жан Остин	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ЦИКЛА РЕЗЬБОФРЕЗЕРОВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ЧПУ «АКСИОМА КОНТРОЛЬ»	75
66	Чуйкин И.Г.	ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ВАКУУМНОЙ СТАНЦИЕЙ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ С SCADA И СИСТЕМОЙ МОНИТОРИНГА	76
67	Шилов Д.Ю.	МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ УНИВЕРСАЛЬНОГО КОММУНИКАЦИОННОГО СЕРВИСА НА ОСНОВЕ WEB-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С СИСТЕМАМИ ЧПУ	77
68	Ющенко М.В.	РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛИСТОГИБОЧНЫМ ПРЕССОМ НА БАЗЕ ПЛК	78
69	Яськевич К.В.	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КРОССПЛАТФОРМЕННОГО ИНТЕРФЕЙСА СИСТЕМЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПЛК	79
Секция № 11. Робототехника и мехатроника			
70	Боднарюк И.М.	РАЗРАБОТКА автоматизированной ШТАТИВНОЙ ГОЛОВКИ ДЛЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ВИДЕОКАМЕРЫ	80

71	Болдырев В.Н.	РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ РОБОТОМ ТИПА «ТРИПТЕРОН» НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА С ЛАЗЕРНЫМ ЦЕЛЕУКАЗАНИЕМ	81
72	Евлосев С.М.	РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИМ ВИНТОМ	82
73	Капитонец В. К.	АЛГОРИТМ ГРУППОВОГО УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМИ РОБОТАМИ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ УЧАСТКА В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОЙ ДАЛЬНОСТИ СВЯЗИ	83
74	Карпов М.В.	ПРИМЕНЕНИЕ МОНОКУЛЯРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА СЦЕНЕ В УСЛОВИЯХ НАВАЛА С ЦЕЛЬЮ ЗАХВАТА РОБОТОМ-МАНИПУЛЯТОРОМ	84
75	Курбатова А.Д.	РАЗРАБОТКА МЕТОДА КОНТРОЛЯ ЗАЩИТНОГО РАЗДЕЛИТЕЛЬНОГО РАССТОЯНИЯ В РАБОЧЕМ ПРОСТРАНСТВЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПРИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЕ	85
76	Мажуга Н.А.	СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ШАГАЮЩЕГО РОБОТА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ РЕЖИМ УПРАВЛЯЕМОЙ ДЕГРАДАЦИИ ПРИ АУТОНОМНОМ ДВИЖЕНИИ	86
77	Макаров Я.О.	РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ МЕЖМОДУЛЬНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА С МОДУЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРОЙ	87
78	Мартинес Дуран Д.Р.	РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМОЙ С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СХЕМОЙ С УЧЕТОМ СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТОВ	88
79	Медведев Е.М.	РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА РОБОТА	89
80	Мироненко А.Ю.	РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКОГО СТЕНДА	90
81	Молчанов А.Д.	ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ПРИВОДА МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ, УПРАВЛЯЮЩЕГО КОНФИГУРАЦИЕЙ СИСТЕМЫ РУЛЕВЫХ ВИНТОВ БПЛА ВО ВРЕМЯ ПОЛЁТА	91
82	Наумчик Т.Г.	ПОДЧИНЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ ПОДВОДНОГО И НАДВОДНОГО АППАРАТОВ, СВЯЗАННЫХ КАБЕЛЕМ	92
83	Сизов К.В.	МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МОБИЛЬНОГО РОБОТА С УЛЬТРАЗВУКОВЫМИ СЕНСОРАМИ ДЛЯ ПОИСКА ПУТИ В НЕИЗВЕСТНОЙ СРЕДЕ И ИССЛЕДОВАНИЯ АРТЕФАКТОВ ДАТЧИКОВ	93
84	Фехун А. Йема	РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ	94

Секция № 12. Метрологическая информатика

85	Аллахвердов А.Г	РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ПРОЦЕССОРА ПК С ТЕРМОСИФОННОЙ СИСТЕМОЙ ОХЛАЖДЕНИЯ	95
86	Анисимов Н.Д.	ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ	96
87	Бабенков Д.А.	АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ РЕЗЬБОВЫХ КАЛИБРОВ	97
88	Бондарчук Д.Ю.	КИБЕРФИЗИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ СИНТЕЗОМ ОТВЕРДИТЕЛЕЙ	98
89	Буруханов Д.И.	РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СТАТИСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В ПРИБОРОСТРОЕНИИ	99
90	Буряков М.А.	РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ЛИР-15	100
91	Васильев Д.И.	РАЗРАБОТКА МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ АКСЕЛЕРОМЕТРА В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ	101

92	Ватутин А.В.	ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИК ИЗМЕРЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЯ ОТ КРУГЛОСТИ С ПОМОЩЬЮ КРУГЛОМЕРА	102
93	Власов А.Р.	ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ПОВОРОТНЫХ СТОЛОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ	103
94	Волков П.В.	РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ	104
95	Волкова А.В.	ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В АППАРАТАХ ИСКУССТВЕННОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ	105
96	Восковщук Р.Р.	РАЗРАБОТКА ПОСТПРОЦЕССОРНОГО МОДУЛЯ КОРРЕКЦИИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ПЯТИКООРДИНАТНОГО МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО СТАНКА	106
97	Гильмияров А.В.	РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРЕДСКАЗАНИЯ ДВИЖЕНИЯ КОНЕЧНЫХ ТОЧЕК МАНИПУЛЯТОРА НА ОСНОВЕ ВИДЕОПОТОКА СО СТЕРЕОКАМЕРЫ	107
98	Голдобин И.В.	ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОВИЗИОННЫХ ПРИБОРОВ	108
99	Жукова Д.А.	СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ВИБРАЦИЙ СТАНКА	109
100	Жучкова А.М.	РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПРОЦЕССА СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ	110
101	Збожинский Б.	ИЗМЕРЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ МАЛЫХ РАЗМЕРОВ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ	111
102	Иванов А. М.	ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОКАНАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ	112
103	Иванов С.Д.	АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАНИЙ ТРУБКИ ОПТИМЕТРА	113
104	Ильин А.А.	РАЗРАБОТКА ПРИБОРА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОТКЛОНЕНИЙ ОТ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ ОСИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОТВЕРСТИЙ	114
105	Исмаилов Р.Р.	ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИК КАЛИБРОВКИ МОМЕНТНЫХ КЛЮЧЕЙ	115
106	Калинина В.В.	ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ И РАЗМЕЩЕНИЯ МАКЕТОВ НА ТЕМПЕРАТУРНУЮ ОДНОРОДНОСТЬ И ДИНАМИКУ УСТАНОВЛЕНИЯ РЕЖИМА В КЛИМАТИЧЕСКОЙ КАМЕРЕ	116
107	Каримов Р.Р.	ЛАЗЕРНЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ	117
108	Кириллов Е.А.	РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПЕРЕДАЧИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЁТОВ ПО ТСП-СОКЕТАМ В СОСТАВЕ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ	118
109	Козлов И. В.	ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ И КОНТРОЛЯ ИЗДЕЛИЙ ЭКБ НА ВИБРОСТЕНДЕ	119
110	Кулешин Р.А.	КОНЦЕПЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА ПОСАДОК	120
111	Куликов Н.С.	АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ПОГРЕШНОСТИ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПРИБОРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВИНТОВОЙ ЛИНИИ	121
112	Кулясова П.А.	ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УСИЛИЯ КОНТАКТНЫХ ПРИБОРОВ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ	122
113	Малкин К.И.	АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ПОКАЗАНИЙ ЦИФРОВЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ	123
114	Махров Т.А.	ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КРУГЛОГРАММ	124
115	Михайлин А.А.	ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА, ПРИ УСЛОВИИ ИХ МЕРЦАНИЯ, НА ПРОЦЕСС ИЗМЕРЕНИЯ	125
116	Михалева Л.Ю.	ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ ЛАЗЕРНОЙ СКАНРУЮЩЕЙ ОПТОЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМОЙ	126
117	Мицкевич Г.Д.	ИЗМЕРЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ПРОФИЛОГРОФА И ПРОФИЛОМЕТРА	127

118	Мутлак С.	РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА СУММАРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ И ОЦЕНКИ СТАБИЛЬНОСТИ НАСТРОЙКИ РЕГУЛИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ	128
119	Мухамед В.А.А-Б	РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ПОВОРОТНОЙ ПЛАТФОРМЫ	129
120	Неслуженко А. Ю.	СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТАХОМЕТРИЧЕСКИХ СЧЁТЧИКОВ ВОДЫ. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ	130
121	Панов Д.Д.	ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПОВЕРКИ ЦИФРОВОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ	131
122	Прокофьева П.В.	ПРЕДИКТИВНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ КАМЕР: ОТ ПЛАНОВОЙ АТТЕСТАЦИИ К ЦИФРОВОМУ ДВОЙНИКУ	132
123	Пуговев А.Б.	РАЗРАБОТКА ВСТРАИВАЕМОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ НА БАЗЕ ОДНОПЛАТНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ	133
124	Разина Д.А.	ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЬБЫ	134
125	Рогачев К.М.	КОСВЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ	135
126	Рычков В.Е.	ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ФИЛЬТРАЦИИ СИГНАЛОВ ПРИ ПРОФИЛЬНЫХ МЕТОДАХ ИЗМЕРЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ	136
127	Саканян А.Т.	РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ С ПОВЕРХНОСТЯМИ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПТОЭЛЕКТРОННОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНЕРА	137
128	Седельников А.И.	РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ И ДЕТАЛЕЙ-ОБРАЗЦОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ СКАНИРОВАНИЯ В ЛСОЭС	138
129	Соколов С.П.	МИКРОСКОПИЧЕСКАЯ ОПТОЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА С ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКОЙ ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ МАЛЫХ ОТВЕРСТИЙ	139
130	Суворова М. С.	ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА ОТ РАЗМЕРНОГО ИЗНОСА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ СТАЛЬНОЙ ЗАГОТОВКИ	140
131	Тараканов М.И.	ИССЛЕДОВАНИЕ ДОПУСТИМОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КВАЗИДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ПОДХОДА НА ФОНЕ КЛАССИЧЕСКОГО (ИНТЕГРАЛЬНОГО) ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ОБЪЁМНОЙ ТОЧНОСТИ ТРЁХКООРДИНАТНОГО СТАНКА	141
132	Тимонина Е.А.	РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ СОВМЕСТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ	142
133	Фильков Н.А.	РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО МИКРОСКОПА С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫМ ОБЪЕКТОМ В ЗОНЕ ИЗМЕРЕНИЯ	143
134	Харламов М.В.	КОНТРОЛЬ СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ	144
135	Хуриев Д.А.	ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИЗМЕРЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ НА ПРОФИЛОМЕТРЕ	145
136	Чепурной И.А.	РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПРОФИЛОМЕТРА-ПРОФИЛОГРАФА	146
137	Яруллина А.Р.	СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ И КОМПЕНСАЦИИ ТЕПЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ СТАНКОВ	147

СЕКЦИЯ 10

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЛОГИСТИКОЙ

Алферов М.Д.

Научный руководитель: Мартемьянова Н.С. – ст. преподаватель

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Статья посвящена практической реализации модуля анализа складских данных на основе трёх нейросетевых моделей, встроенного в систему управления складом (WMS) для производства лопаток для турбин.

Современные складские процессы машиностроительных предприятий характеризуются значительным объёмом рутинных решений: когда сформировать заказ на пополнение, как оценить качество поступающей продукции, как обнаружить нетипичные сменные операции. Традиционный подход предполагает экспертную оценку, которая субъективна и не масштабируется при росте номенклатуры [1]. Применение нейросетевых моделей позволяет автоматизировать подобные задачи и снизить влияние человеческого фактора [2].

В разработанной системе реализован отдельный ML-сервис (Python, Flask), взаимодействующий с основным Java приложением по протоколу REST. Сервис построен на трёх моделях: рекуррентная сеть LSTM принимает историю потребления товара и формирует прогноз спроса на продукцию на 7 дней вперёд, многослойный перцептрон (MLP) классифицирует качество продукции по производственным параметрам на три категории, автоэнкодер анализирует вектор операций и выявляет аномальные отклонения от типичного паттерна работы предприятия. Результаты отображаются в интерфейсе в виде рекомендательных карточек с возможностью немедленного действия: формирования заказа на пополнение или остановки производственной линии. На рисунке 1 представлен фрагмент интерфейса с результатами работы нейросетевого модуля.

Лопатка тип Б (готовая)
LSTM — прогноз спроса

Рекомендация нейросети:
СРОЧНО: остаток (280) ниже минимума (500). Прогноз расхода за 7 дней: 342 ед. Заказ необходим немедленно...

Рекомендуемые действия:

Операции по товару за всё время:

Дата и время	Товар	Тип	Количество	Откуда	Куда	Исполнитель
22.03.2026 11:00	Лопатка тип Б (готовая)	Расход	60,00	Склад готовой проду...	—	Козлова Мария Анд...
20.03.2026 16:30	Лопатка тип Б (готовая)	Расход	35,00	Склад готовой проду...	—	Козлова Мария Анд...
18.03.2026 16:30	Лопатка тип Б (готовая)	Расход	28,00	Склад готовой проду...	—	Козлова Мария Анд...
16.03.2026 16:30	Лопатка тип Б (готовая)	Расход	28,00	Склад готовой проду...	—	Козлова Мария Анд...
13.03.2026 16:30	Лопатка тип Б (готовая)	Расход	29,00	Склад готовой проду...	—	Козлова Мария Анд...
11.03.2026 16:30	Лопатка тип Б (готовая)	Расход	30,00	Склад готовой проду...	—	Козлова Мария Анд...
09.03.2026 16:30	Лопатка тип Б (готовая)	Расход	33,00	Склад готовой проду...	—	Козлова Мария Анд...
06.03.2026 16:30	Лопатка тип Б (готовая)	Расход	24,00	Склад готовой проду...	—	Козлова Мария Анд...
04.03.2026 16:30	Лопатка тип Б (готовая)	Расход	30,00	Склад готовой проду...	—	Козлова Мария Анд...
02.03.2026 16:30	Лопатка тип Б (готовая)	Расход	25,00	Склад готовой проду...	—	Козлова Мария Анд...
27.02.2026 16:30	Лопатка тип Б (готовая)	Расход	28,00	Склад готовой проду...	—	Козлова Мария Анд...

Закрыть

Рис. 1. Работа нейросетевого модуля

Библиографический список:

1. Лукинский В.С., Шульженко Т.Г. Управление запасами в цепях поставок: модели и методы. – СПб.: СПбГИЭУ, 2017. – 256 с.
2. Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 200 с.

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ СБОРА, ХРАНЕНИЯ, ВИЗУАЛИЗАЦИИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ 3D-ПРИНТЕРА

Аравин А.Д.

Научный руководитель: Нежметдинова Р.А. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

В настоящее время процесс 3D-печати часто носит «слепой» характер: богатый поток диагностических данных либо не сохраняется, либо фиксируется в виде сложно читаемых и недостаточно информативных логов, непригодных для полноценного системного анализа. Таким образом, существует явная потребность в создании системы сбора, хранения, визуализации и анализа данных 3D-принтеров, которая превратила бы достаточно разрозненные данные о процессе печати в понятную структуру, позволяющую проводить анализ оптимальности настроек печати и упреждать возникающие ошибки.

Источником данных является физический принтер с датчиками и контроллером. С помощью агента (OctoPrint), предоставляется удобное API для чтения телеметрии и управления заданиями. Далее следует небольшой сервис нормализации: он приводит показания к единому формату, ставит метки времени, привязывает данные к принтеру и заданию, и уже затем записывает их в базу данных. При необходимости между сервисом и базой можно добавить очередь (MQTT или Kafka) для буферизации и устойчивости к перебоям в сети. Для взаимодействия с данными используется TimescaleDB и Grafana: первая надёжно хранит ряды, вторая показывает панели и рассылает алерты.Arteфакты (G-code, фото/видео) находятся в S3/MinIO, а в таблицах хранятся только ссылки и метаданные. Описанная структура представлена на Рисунке 1.

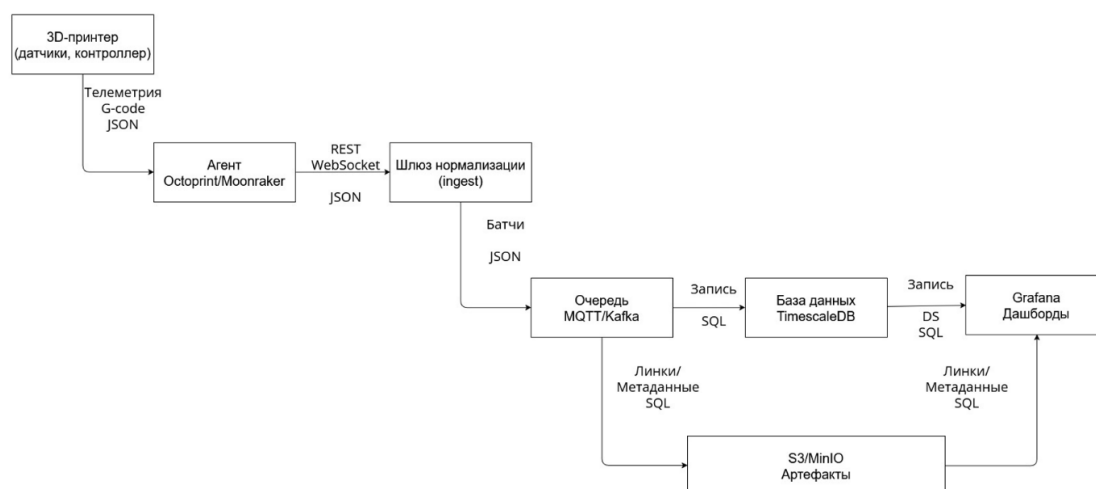


Рис. 1. Структурная схема

Представленная архитектура централизованно собирает и визуализирует телеметрию 3D-принтеров через TimescaleDB и Grafana, заменяя «слепую» печать структурированными данными для анализа и упреждающего контроля ошибок.

Библиографический список:

1. OctoPrint Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://octoprint.org/>, свободный (22.03.2026)
2. Рэдвуд Б., Шофер Ф., Гаррэт Б. 3D-печать. Практическое руководство / пер. с англ. М. А. Райтмана. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 220 с.: ил.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЁННОЙ СИСТЕМЫ ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И МОНИТОРИНГА НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ И ТЕХНОЛОГИИ LORA

Аскарров Д.

Научный руководитель: Аль Хури А. – ст. преподаватель

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Задача организации распределённой системы логического управления и мониторинга технологических процессов является актуальной для современных автоматизированных систем. Для эффективного контроля требуется централизованный сбор и обработка данных от датчиков и устройств системы.

Особенностью такой системы является использование технологии беспроводной связи LoRa, что позволяет передавать данные между удалёнными узлами и центральным контроллером на значительные расстояния. Удаленные узлы с микроконтроллерами передают технологические параметры по каналу LoRa на базовую станцию, откуда данные поступают в ПЛК и систему мониторинга.

Преимуществами системы являются передача данных на большие расстояния в труднодоступных местах, где отсутствует доступ к сети интернета, а также снижение затрат на проводную инфраструктуру и возможность масштабирования системы.

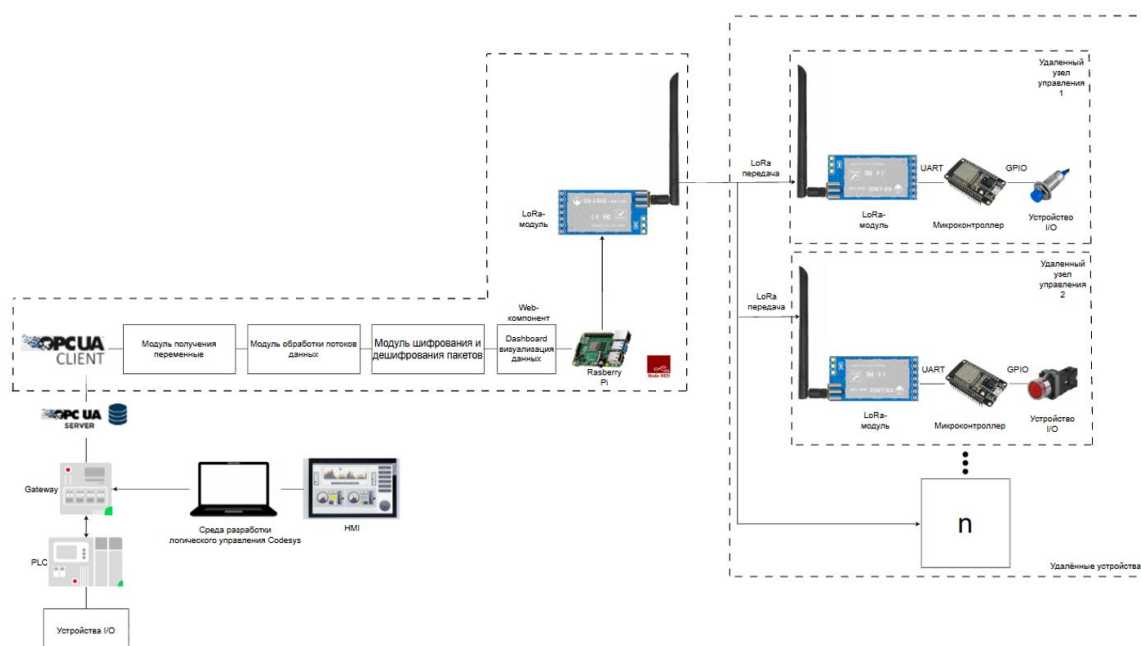


Рис. 1. Структурная схема распределённой системы логического управления и мониторинга

Библиографический список:

1. LoRa Alliance. LoRaWAN™ Specification v1.0.3. [Электронный ресурс].– Режим доступа: https://lora-alliance.org/resource_hub/lorawan-1-0-3-specification-package/
2. Martinov, G., Nikishechkin, P., Al Khoury, A and Issa, A, 2020. Control and remote monitoring of the vertical machining center by using the OPC UA protocol. In: IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 919, 032030. pp.1-8.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ИНТЕГРАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ОТЕЧЕСТВЕННУЮ SCADA-СИСТЕМУ

Астафьев В.О.

Научный руководитель: Червоннова Н.Ю. – ст. преподаватель

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Процесс цифровой трансформации является ключевым элементом в современном производстве. Замена комплектующих на более новые в старом оборудовании обеспечит этот переход в кратчайшие сроки. После анализа систем сбора данных и подготовки алгоритма по модернизации, была произведена замена контроллера [1].

В процессе разработки ПО, проведено тестирование предложенной методики на модели производственного процесса, с помощью HMI панели, OPC UA сервера и SCADA системы. Это помогло смоделировать все режимы работы и удостовериться в правильности отображения данных на мнемосхемах [2].

По итогу проделанной работы решена задача по исследованию и разработке системы интеграции и организован бесперебойный сбор телеметрии, с отображением данных в виде динамических графиков. Цифровизация технологического процесса позволила перейти от заполнения бумажных чек-листов к проверке всех показателей в SCADA-системе. Это помогает улучшать качество и уменьшать количество забракованного продукта.

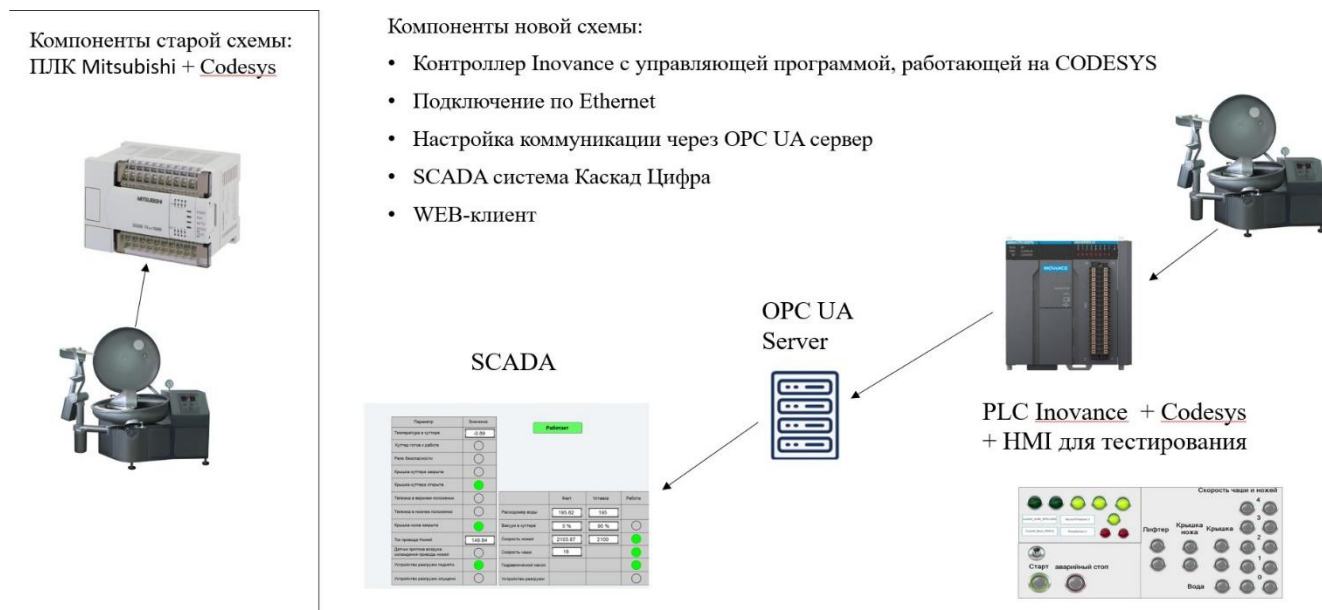


Рис. 1. Схема коммуникации контроллера

Библиографический список:

1. "SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition" - by Stuart A. Boyer, 2001.-400с.
2. Документация Каскад Цифра [Электронный курс]. URL: https://help.sdigital.ru/articles/#!/kaskad_help/gettingstarted-01 (Дата обращения 05.03.2026).

РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ БЕСПРОВОДНОГО УПРАВЛЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫМ МАНИПУЛЯТОРОМ

Аиуоров М.М.

Научный руководитель: Фокин Н.Н. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Настройка коллаборативных роботов обычно выполняется через проводное подключение к контроллеру и с использованием специализированных пультов управления. Для этого оператору приходится устанавливать дополнительное программное обеспечение, разбираться в интерфейсе конкретного производителя и работать только с одного рабочего места. Такой подход занимает время и не всегда удобен, особенно когда оборудование нужно быстро перенастроить под другую задачу.

В работе рассматривается вариант управления коллаборативным роботом через web-приложение. Основная задача – сделать так, чтобы оператор мог подключаться к роботу по Wi-Fi с любого устройства, где есть браузер. Очевидным преимуществом является отсутствие необходимости в проводной сети и специализированном программном обеспечении.

Сначала был проведен обзор существующих систем управления коллаборативными роботами. Выяснилось, что встроенные web-интерфейсы у большинства производителей есть, но их возможности ограничены: можно посмотреть состояние, загрузить логи, но управлять движением – нет. К тому же каждый производитель делает свой интерфейс, и они между собой несовместимы.

На основе этого сформулировали требования к приложению: работать через браузер, передавать команды по Wi-Fi, показывать состояние робота и быть понятным для оператора. После этого построили структурную модель – схему, где видно, из каких частей состоит приложение и как они связаны между собой. (рис. 1).

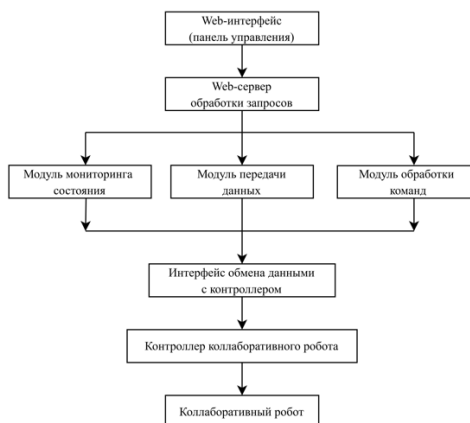


Рис. 1. Структурная модель web-приложения управления коллаборативным роботом

Структурная модель включает клиентскую часть, сервер и модуль связи, который передает команды контроллеру и получает данные о состоянии робота.

Апробация выполнена на экспериментальном стенде. Проверены стабильность передачи команд по Wi-Fi, корректность обработки запросов и отображение обратной связи. Результаты показывают, что применение web-приложения сокращает время и наладки и упрощает процесс перенастройки.

Библиографический список:

1. Почанин, Ю. С. Робототехника в промышленности. — М.: ЛЕНАНД, 2021. — 296 с.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВВОДА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ В БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Бойко А.

Научный руководитель: Пушков Р.Л. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Основным результатом работы является методика из десяти последовательных этапов. Первые три этапа – диагностические: анализ компонентов, диагностика технического состояния и диагностика систем управления. Четвёртый и пятый – ремонтные: механика и электрика. Шестой и седьмой – программные: загрузка ПО, настройка сети, разработка логики ПЛК и HMI. Восьмой и девятый – пусконаладочные: тестовый запуск на холостом ходу и испытания с материалом. Десятый – ввод в штатную эксплуатацию. Каждый этап имеет формализованные критерии завершённости, определённые входные данные – результаты предыдущих этапов, также реализован принцип итеративности: при обнаружении несоответствий предусмотрен возврат к соответствующему этапу.

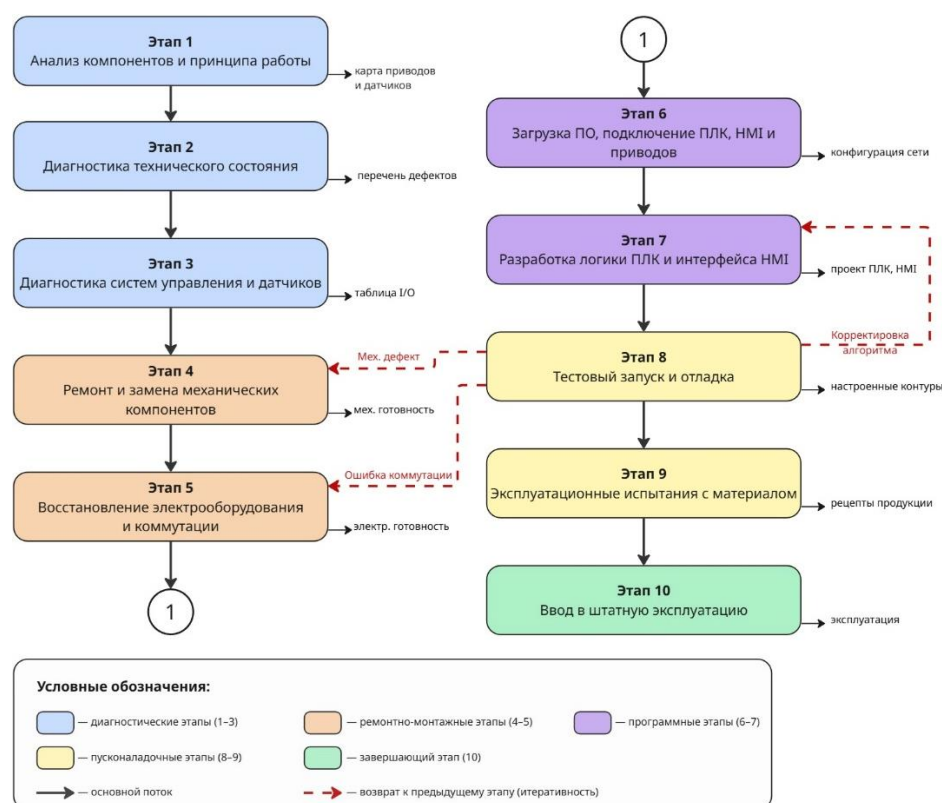


Рис. 1. Методика ввода в эксплуатацию технологических линий в бумажной промышленности в условиях некомплектности оборудования, отсутствия технической документации и программного обеспечения

Библиографический список:

1. EtherCAT – The Ethernet Fieldbus. EtherCAT Technology Group, 2020. [электронный ресурс]: офиц. сайт // Официальная документация и спецификации. – Режим доступа: <https://www.ethercat.org/en/technology.html> (дата обращения 22.02.2025).
2. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / Под ред. проф. В. П. Дьяконова. — М.: СОЛОН-Пресс, 2004. — 256 с.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ГЕЙМИФИКАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ ИНТЕРАКТИВНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Власкин. С.А.

Научный руководитель: Ковалев И.А. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

В условиях цифровизации образования и реализации Федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) особую актуальность приобретает поиск инструментов, способных повысить внутреннюю мотивацию и вовлеченность учащихся в процесс обучения. Математика как одна из фундаментальных дисциплин зачастую воспринимается школьниками 1-9 классов как сложный и абстрактный предмет. Традиционные методы обучения не всегда отвечают запросам современных детей, выросших в интерактивной среде, что приводит к снижению успеваемости и потере интереса к предмету.

Проведенный анализ существующих решений и данных опроса (n=74) выявил ключевую проблему: большинство геймифицированных платформ являются универсальными и не учитывают специфику математического образования, возрастные особенности учащихся 1-9 классов, а также недостаточно интегрированы в учебный процесс. Основные опасения пользователей связаны с риском поверхностного усвоения знаний (48,5%) и отвлечением от учебного материала (47%), что подчеркивает необходимость методически проработанного подхода, а не простого внедрения игровых элементов.

Для решения данной проблемы разрабатывается специализированная система, базирующаяся на комплексном применении игровых механик и интерактивных форм обучения. В основу системы положены принципы деятельностного обучения [1] и теории самодетерминации [2]. Техническая реализация предполагает интеграцию мини-игр с использованием технологий HTML5, CSS3, JavaScript, построение системы прогрессии («дерево навыков», шкала опыта) и реализацию адаптивного подбора заданий на основе алгоритмов машинного обучения. Ключевыми элементами являются интерактивные тренажеры с визуализацией математических объектов, сюжетные квесты и персонализированная обратная связь.

Разработанная концепция позволяет восполнить пробелы существующих аналогов, обеспечивая глубокое усвоение материала через интерактив и адаптивность. Результатом исследования станет создание готовой к внедрению системы, направленной на повышение активности учащихся и формирование устойчивого познавательного интереса к математике. Практическая значимость работы заключается в создании методических рекомендаций для учителей, что позволяет гибко интегрировать систему в школьную программу.

Библиографический список:

1. Леонтьев А.Н. Деятельность. Сознание. Личность. – Москва: Смысл; Академия, 2004. – 352 с. – URL: <https://scinetwork.ru/disk/file/19746>
2. Deci E.L., Ryan R.M. The "What" and "Why" of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behavior // Psychological Inquiry. – 2000. – Vol. 11, No. 4. – P. 227–268. – URL: https://selfdeterminationtheory.org/SDT/documents/2000_DeciRyan_PIWhatWhy.pdf

РАЗРАБОТКА ЦИКЛОВ ОПИСАНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ОТВЕРСТИЙ ДЛЯ СЧПУ «АКСИОМА КОНТРОЛ»

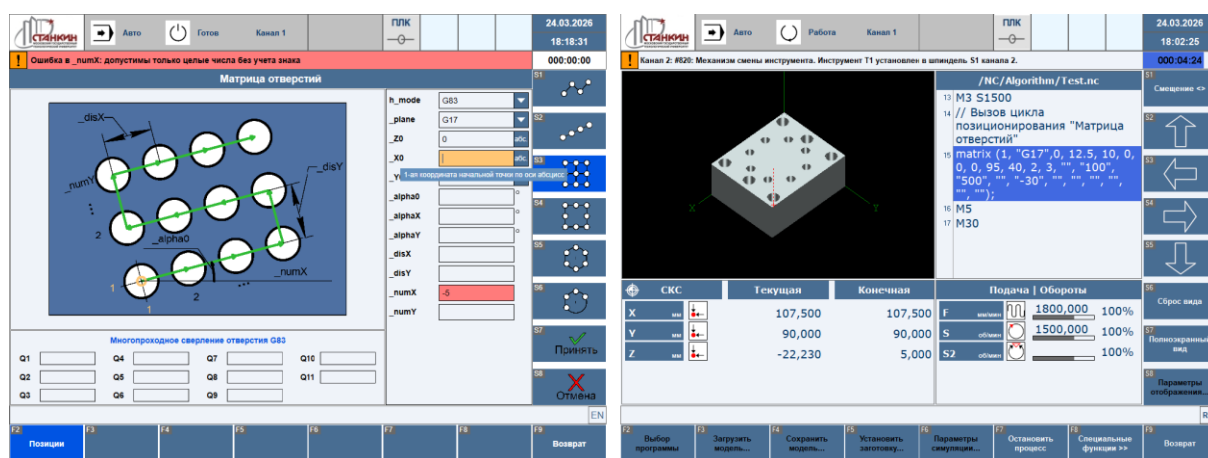
Гажев С.

Научный руководитель: Евстафиева С.В. – ст. преподаватель

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Разработанные циклы описания положений отверстий для СЧПУ «АксиОМА Контроль» позволяют сократить время наладки и подготовки УП, сделать УП более наглядными и компактными и уменьшить количество возможных ошибок. Циклы позиционирования отверстий дают возможность программировать геометрию расположения отверстий в плоскости по определенному шаблону [1].

Связь данных циклов с циклами сверления создается за счет модального вызова циклов сверления, что позволяет автоматически применять параметры сверления ко всем позициям в шаблоне [2].



**Рис 1. Пользовательский интерфейс ввода параметров цикла описания положения отверстий
“Матрица отверстий” и тестирование цикла в СЧПУ «АксиОМА Контроль»**

Разработанный пользовательский интерфейс позволяет заполнить все параметры цикла позиционирования отверстий и необходимые параметры цикла сверления, чтобы получить функцию вызова этого цикла в СЧПУ. Также при заполнении параметров под полем ввода отобразится подсказка с назначением данного параметра цикла, а в левой части экрана появится схематичное изображение. В случае ошибки соответствующее поле ввода подсветится красным и в строке состояний отобразится описание ошибки.

Библиографический список:

1. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Программирование систем числового программного управления: Учеб. пособие. – М. Логос, 2008. – 344 с. ISBN 978-5-98704-296-8.
2. Система ЧПУ «АксиОМА Контроль» Руководство программиста по созданию управляющих программ. — Версия 6.7.015. — 2024 — 202 с.

МОДЕРНИЗАЦИИ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА

Голубев С. Г.

Научный руководитель: Евстафиева С.В. – ст. преподаватель

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Станки советского производства, по-прежнему, составляют значительную долю оборудования на предприятиях, несмотря на значительный физический износ, часто сохраняют прочную и ремонтпригодную конструктивную основу, однако их эксплуатация затруднена из-за низкой производительности, невозможности выполнять сложные виды обработки и высокой зависимости от квалификации станочника. Замена таких станков на новые станки с ЧПУ требует огромных затрат, поэтому актуальной задачей является модернизация существующего оборудования.

Известные подходы к модернизации включают установку автономных контроллеров (DDCS, Mach3), промышленных стоек (Fanuc, Siemens) и готовых CNC-комплектов. Однако автономные контроллеры имеют ограниченные возможности настройки, промышленные стойки высокую стоимость, а готовые комплекты требуют необратимых изменений конструкции станка.

Целью работы является оснащение станка 16K20 системой ЧПУ на базе открытой платформы LinuxCNC с ядром реального времени с сохранением возможности работы в ручном режиме и минимальным вмешательством в конструкцию станка. В отличие от существующих решений, предложенный подход обеспечивает максимальную гибкость настройки, обратимость модернизации и существенно меньшие затраты.

На продольной и поперечной осях установлены сервоприводы. Привод оси Z реализован через ременную передачу с коэффициентом редукции 1:3, привод оси X - через зубчатую передачу 1:1. Для крепления приводов разработаны оригинальные конструкции кронштейнов, не требующие необратимых изменений станка. Спроектирована схема коммутации приводов с платой гальванической развязки для управления по протоколу Step/Dir через LPT-порт. После отладки на экспериментальном стенде система была смонтирована на станок 16K20. Написаны управляющие программы для обработки деталей. Тестовая обработка деталей показала точность позиционирования менее 0.5 мм.

Результаты тестовой обработки подтверждают работоспособность предложенного решения. Модернизация позволила расширить технологические возможности станка 16K20, обеспечив автоматизацию производственных процессов прикратно меньших затратах по сравнению с покупкой нового оборудования, при этом сохранив возможность ручного управления

Библиографический список:

1. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Системы числового программного управления: учеб. пособие. – М.: Логос, 2005. – 296 с.
2. Мартинов Г.М., Мартинова Л.И., Пушков Р.Л. Автоматизация технологических процессов в машиностроении. Учебное пособие - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: МГТУ «Станкин», 2011. – 200 с.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ МИКРОКЛИМАТА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Громов Д.А.

Научный руководитель: Ковалев И.А. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Данная работа посвящена разработке системы климатического мониторинга температуры и влажности для промышленного производства. Предлагаемое решение направлено на обеспечение непрерывного контроля параметров микроклимата в производственных помещениях с целью повышения качества продукции, надежности технологических процессов и соблюдения нормативных требований. [1]

Для эффективного сбора и обработки данных была разработана аппаратно-программная система, включающая датчики температуры и влажности, микроконтроллерный модуль и программное обеспечение для визуализации и анализа информации. Основной задачей системы является оперативное выявление отклонений климатических параметров от заданных значений и передача соответствующих данных в систему управления предприятием. [2]

Процесс функционирования системы организован следующим образом: датчики, установленные в ключевых точках производственного помещения, осуществляют непрерывный сбор данных о температуре и влажности. Полученные значения передаются на центральный контроллер, где производится их первичная обработка и фильтрация. Далее информация отправляется в верхний уровень системы, например, в SCADA-систему, по промышленным протоколам обмена данными.

В SCADA-системе осуществляется визуализация текущих параметров в виде графиков и мнемосхем, а также настройка пороговых значений для формирования сигналов тревоги. В случае выхода параметров за допустимые пределы система автоматически генерирует уведомления для оператора и может инициировать управляющие воздействия, такие как включение систем вентиляции, кондиционирования или увлажнения воздуха.

Разработанная система позволяет повысить уровень автоматизации производственного процесса, снизить влияние человеческого фактора и обеспечить стабильные условия эксплуатации технологического оборудования. Это особенно актуально для отраслей, где параметры микроклимата напрямую влияют на качество продукции, таких как пищевая, фармацевтическая и электронная промышленность.

Библиографический список:

1. ГОСТ 34.601-90. Автоматизированные системы. Стадии создания. — М.: Издательство стандартов, 1990.
2. OPC Foundation. OPC Unified Architecture Specification. [сайт]. — URL: <https://opcfoundation.org>

ПОВЫШЕНИЕ ГИБКОСТИ ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ У СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ 15.03.04 «АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ»

Денисенко Е.П.

**Научный руководитель: Нежметдинов Р.А. – д.т.н., профессор
Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»**

Автоматизация является ключевым элементом производственных процессов в различных отраслях промышленности и предъявляет высокие требования к уровню подготовки специалистов в области разработки, настройки и эксплуатации систем управления. В связи с этим особое значение приобретает формирование практических навыков работы с автоматизированными системами. Для подготовки специалистов применяются различные методы обучения, среди которых широкое распространение получило использование учебных стендов, имитирующих работу различных технологических процессов.

Анализ существующих решений показывает их ограниченную универсальность, обусловленную ориентацией на выполнение узкого круга задач. В этой связи актуальной является задача повышения гибкости лабораторного оборудования за счёт разработки стендов, обеспечивающих возможность конфигурирования систем управления различной сложности без модификации аппаратной части.

Целью исследования является разработка универсального стенда системы управления технологическими процессами на базе программируемого логического контроллера.

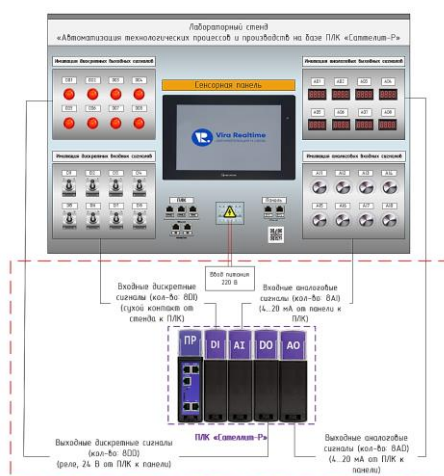


Рис. 1. Структурная схема разрабатываемого стенда

Предложенный подход обеспечивает гибкость обучения и оптимизирует затраты на оснащение учебных лабораторий, что позволяет рекомендовать его к внедрению в образовательный процесс подготовки специалистов.

Библиографический список:

1. Мартинов Г.М., Мартинова Л.И., Пушкин Р.Л. Автоматизация технологических процессов в машиностроении. Учебное пособие - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: МГТУ «Станкин», 2011. – 200 с.
2. Лебедев К.Н. Автоматизированные системы управления технологическими процессами: Учебное пособие/ К.Н. Лебедев. – Зерноград, ФГОУ ВПО АЧГАА, 2008. – 117 с.

МОДЕРНИЗАЦИЯ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СВАРОЧНЫМ РТК НА БАЗЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ

Ежов В.П.

Научный руководитель: Никишечкин А.П. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

В наше время потребность в автоматизации производства непрерывно растет, а темпы автоматизации в нашей стране явно отстают от остального мира.

В рамках работы по модернизации ранее созданной модели роботизированного технологического комплекса (РТК), предназначенного для автоматизации сварочных процессов, происходит замена исполнительных устройств на отечественные, а также изменение компоновки. Стоит учесть, что в сварочных (РТК) точность и повторяемость операций напрямую влияют на конкурентоспособность продукции.

Чтобы разработать программу для СЛУ сварочным РТК используется математический инструмент – сети Петри. В результате происходит формализации процесса разработки системы управления РТК. Работа исполнительных устройств и датчиков полностью прорабатываются, что позволяет строго смоделировать систему и исключить вероятные ошибки на стадии разработки и тестирования программного кода. А разработанные таким методом формулы обеспечивают строгое соответствие модели реальным требованиям технологического процесса. Главное преимущество данного математического инструмента заключается в том, что сети Петри, обеспечивающих формальное описание параллельных и последовательных операций и это в свою очередь упрощает написание программы на языке стандарта МЭК61131-3 – LD и напрямую способствует сокращению времени цикла.

Для управления комплексом, включающим два сборочных и один сварочный робот, поворотный стол, систему датчиков и исполнительные механизмы, необходим контроллер с достаточным запасом по количеству дискретных и аналоговых входов/выходов, производительности процессора и возможности работы в реальном времени. ПЛК TECON CPU715 (МФК 1500), производимый полностью на территории России, не только удовлетворяет всем техническим требованиям. А также имеет горячее резервирование. Это позволяет реализовать как алгоритмы управления на языке LAD, так и встроенную человеко-машинный интерфейс (HMI) для визуализации, что идеально подходит для задач магистерской диссертации.

Созданная программа тестируется в среде разработки CODESYS 3.5, после чего ее можно загружать в ПЛК отечественного производства от фирмы TECON и запускать РТК. Работа такого РТК требует минимального контроля со стороны оператора и значительно повышает эффективность производства.

Библиографический список:

1. Никишечкин А.П., Букейханов Н.Р., Гвоздкова С.И., Барабошкин А.И. Сети Петри - инструмент моделирования, анализа и синтеза автоматизированных систем. - М. ФГАОУ ВО «МГТУ «Станкин». 2019 - 106 с.
2. Никишечкин А.П. Дискретная математика и дискретные системы управления. 2-е изд., испр. и доп. - М. Издательство Юрайт, 2018. 298 с.
3. Котов В.Е. Сети Петри. М.: Наука, 1984. - 160 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАРШРУТНЫХ КАРТ В ПРОИЗВОДСТВЕ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Елсуков М В.

Научный руководитель: Червоннова Н.Ю. – ст. преподаватель

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Современные предприятия авиационной промышленности характеризуются высокой сложностью производственных процессов, многооперационностью изготовления деталей и жёсткими требованиями к качеству и прослеживаемости выполняемых операций. На многих предприятиях сохраняется бумажный или слабо автоматизированный документооборот, что приводит к высокой трудоёмкости, ошибкам и отсутствию оперативного контроля загрузки персонала.

Разработанная система предназначена для автоматизации формирования и контроля исполнения маршрутных карт на уровне производственных участков. Она построена на реляционной модели данных с ролевой моделью пользователей и формализованными правилами: строгая технологическая последовательность, автоматическая проверка данных, ролевое разграничение доступа и временная согласованность. Исполнители вручную фиксируют время изготовления первой детали и фактическое завершение операции, что позволяет системе обеспечивать целостность данных и оперативный контроль без интеграции со станками.

Алгоритм собирает данные о текущих незавершённых операциях и занятости исполнителей, рассчитывает фактическое время изготовления одной детали по вводимым исполнителем данным, прогнозирует время выполнения всей операции и формирует приоритетные варианты назначения на выполнение технологической операции.

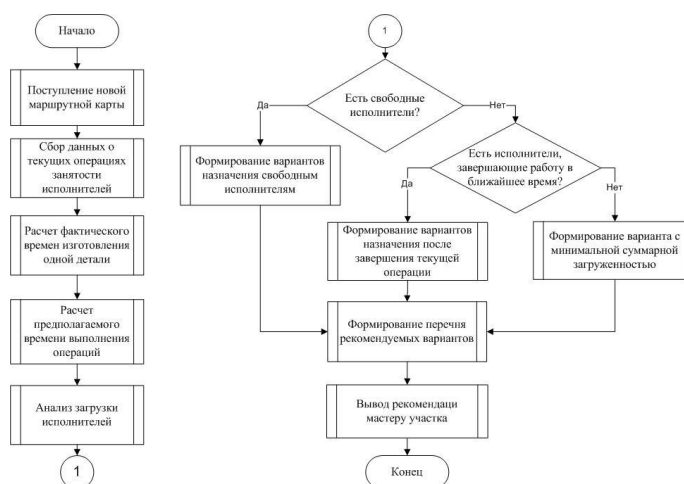


Рис. 1. Алгоритм распределения маршрутных карт на производственном участке

Разработанный подход повышает прозрачность, снижает влияние человеческого фактора и трудоёмкость документооборота без значительных затрат на инфраструктуру.

Библиографический список:

- ГОСТ 3.1118-82. Единая система технологической документации. Формы и правила оформления маршрутных карт. – М.: Стандартинформ, 2012. – 23 с.
- Цифровая трансформация промышленных предприятий в условиях инновационной экономики: монография / под науч. ред. М. Я. Веселовского, Н. С. Хорошавиной. – М.: Мир науки, 2021. – 296 с. – Сетевое издание.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ

Жильцов С.Е.

Научный руководитель: Нежметдинова Р.А. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

В работе проведен комплексный анализ технологического процесса лазерной резки на станке Gweike GC 6kW, интегрирующего цифровое проектирование, подготовку в программном обеспечении SurCut и физическое исполнение. Выявлены ключевые этапы: импорт DXF-чертежа, САМ-обработка с назначением технологических параметров (мощность лазерного источника Raycus, скорость, давление газа через клапан SMC), генерация управляющей программы (G-кода) и выполнение резки с управлением серводвигателями Yaskawa и Panasonic. Критическими параметрами качества для различных материалов (углеродистая сталь, нержавеющая сталь, алюминий) являются мощность лазера, скорость подачи, тип и давление газа, а также положение фокуса.

Анализ ПО SurCut показал, что система выполняет роль транслятора геометрии в исполнительные команды. Структура данных организована вокруг модулей CAD, CAM, Nesting и CNC. Логирование реализовано через сбор статистики производства и диагностических файлов. Интеграция со сторонними приложениями возможна через облачный шлюз Raybox, промышленный протокол EtherCAT и файловый обмен (форматы DXF, NC-код). DXF описывает геометрию изделия, а NC-код содержит последовательность команд управления (G00, G01, M03, параметры F, S, X, Y).

На основе анализа сформирован перечень собираемых технологических данных, разделенный на два потока: из ПО SurCut (параметры DXF-файлов, скорость и мощность по участкам, временные метки операций) и непосредственно со станка (температура лазерного источника Raycus и охлаждающей жидкости чиллера Tongfei, давление газа от клапана SMC, состояние автофокуса, потребляемая мощность). Такой подход позволяет сопоставить «цифровой проект» с его «физической реализацией».

Выбран комплекс методов сбора данных: пассивный мониторинг файловой системы и логов SurCut (FileSystemWatcher), парсинг DXF (с использованием библиотеки netDxf) и NC-файлов, опрос системных ресурсов Windows, а также прямое подключение к контроллерам станка через промышленные протоколы EtherCAT и OPC UA. Данные методы обеспечивают минимальную инвазивность и надежность сбора информации.

Результаты аналитической работы подтверждают техническую целесообразность создания единой системы мониторинга, интегрирующей разрозненные потоки данных, что служит основой для разработки модуля адаптивной визуализации.

Библиографический список:

1. Банди, Б. Методы численной оптимизации / Б. Банди. – М.: Техносфера, 2017. – 664 с. Gweike LF3015GAR6 Raycus 6000BT: техническое описание станка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://amurstan.ru/catalog/lazernye_stanki/optovolokonnnye_lazery/lazernyye-stanok-g-weike-lf3015gar6-raycus-6000vt/ (дата обращения: 26.12.2025).
2. Gweike LF6015GA/6000 IPG PRECITEC: технические характеристики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.energostan.ru/stanki/stanki_lazernoy_rezki/stanok_lazernoy_rezki_Gweike_LF6015GA_6000_IPG_PRECITEC/ (дата обращения: 26.12.2025)

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ К ОТКАЗАМ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Зверев Я.И.

Научный руководитель: Пушков Р.Л. – к.т.н, доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Существующие системы управления, реализуемые на базе программируемых логических контроллеров и систем числового программного управления, функционируют в условиях повышенных требований к надёжности и устойчивости, в том числе при отказах электропитания. Анализ решений, применяемых в данных системах, показывает, что обеспечение корректного функционирования достигается за счёт использования совокупности аппаратных и программных механизмов, включающих применение энергонезависимой памяти для сохранения критических данных при отключении питания [1], обработку событий потери питания, а также реализацию различных режимов восстановления после возобновления электроснабжения. Вместе с тем существующие подходы, как правило, ориентированы на конкретные аппаратные платформы и требуют настройки с учётом особенностей используемого оборудования, что ограничивает их универсальность и усложняет процесс интеграции в состав распределённых систем управления.

Возникает задача исследования и разработки методики обеспечения устойчивости системы управления к отказам электропитания, направленной на формализацию и обобщение существующих подходов. Разрабатываемая методика предусматривает классификацию состояний системы при нарушении электропитания, определение алгоритмов обработки аварийных событий. Дополнительно предусматривается разработка механизмов автоматической конфигурации взаимодействия системы управления с источниками бесперебойного питания, обеспечивающих адаптацию к различным условиям эксплуатации без ручной настройки.

Программная реализация предложенной методики выполняется в виде модульного приложения с клиент-серверной архитектурой. Серверная часть, реализовывается на языке C++, обеспечивает взаимодействие с источниками бесперебойного питания с использованием Network UPS Tools [2], мониторинг параметров электропитания, обработку событий его отказа, а также управление состоянием системы. Клиентская часть разрабатывается на языке C# с использованием фреймворка Avalonia UI и предназначена для визуализации состояния системы, настройки параметров функционирования и отображения диагностической информации. Модульный принцип построения обеспечивает расширяемость системы и возможность интеграции дополнительных компонентов, реализующих специализированные алгоритмы обеспечения отказоустойчивости.

Библиографический список:

1. Siemens AG. SIMATIC S7 System Manual / Siemens AG. – Электрон. дан. – Siemens Industry Online Support. – Режим доступа: [https://www.siemens-ru.com/doc/3441fd39d4907dea05c9f1da43a50f0f.pdf](https://www.siemens.ru.com/doc/3441fd39d4907dea05c9f1da43a50f0f.pdf)
2. Network UPS Tools Documentation [Электронный ресурс]. – Официальный сайт проекта. – Режим доступа: <https://networkupstools.org/>

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ СИНХРОНИЗАЦИИ И КОНТРОЛЯ ВЕРСИЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ДЛЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Зиновьев В.А.

Научный руководитель: Захаров А.С. – преподаватель

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Существующие PDM-системы (ЛОЦМАН: КБ, T-FLEX DOCs и т.д.) хранят каждую версию технической документации методом полного копирования, что требует значительных объёмов дискового пространства. СКВ (GitHub, GitVerse и т.д.) оптимизированы для текстовых файлов и не подходят для тяжёлых бинарных форматов САПР. Цель работы — разработка комплекса для эффективного хранения, версионирования и P2P-синхронизации технической документации на основе content-defined chunking (CDC) [1, 2].

Комплекс реализован на C++ (CMake) и включает: интерфейс командной строки, веб-интерфейс (cpp-httplib) и фоновый P2P-сервис (QuantumGate). Ядро системы — модуль CDC с 9 алгоритмами скользящего хеша (Gear/FastCDC, Rabin, Buzhash, Adler-32, TTTD и др.) и 3 геометрическими методами деления (NC, AE, RAM). Для обнаружения изменений применяется BLAKE3 — свыше 6800 МиБ/с на одном потоке [3, 4].

Система обучается на N версиях файлов каждой категории (*.grb, *.cdw, *.pdf, *.docx и др.) и автоматически выбирает конфигурацию «алгоритм + размер окна», максимизирующую произведение дедубликации на скорость. До завершения обучения файлы хранятся полными копиями; после — переносятся в CDC-хранилище [5].

Комплекс не привязан к конкретной САПР, адаптивно выбирает метод хранения под тип файла и обеспечивает децентрализованную синхронизацию — что устраняет ключевые ограничения как PDM-систем, так и классических СКВ.

Библиографический список:

1. Норенков И.П., Кузьмик П.К. Информационная поддержка наукоёмких изделий. CALS-технологии. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 320 с.
2. Власов А.И., Ягунов А.А. // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Приборостроение». 2011. № 3. С. 52–63.
3. Safa Ali Abdo Hussein et al. Content-Defined Chunking Algorithms in Data Deduplication // Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology. 2024.
4. Zhang Y. et al. AE: An Asymmetric Extremum Content Defined Chunking Algorithm // IEEE INFOCOM 2016.
5. O'Connor J. et al. The BLAKE3 Cryptographic Hash Function. 2020. URL: <https://github.com/BLAKE3-team/BLAKE3-specs>

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ОНЛАЙН-СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ РАБОТЕ С НЕРЕЛЯЦИОННЫМИ БАЗАМИ ДАННЫХ

Ипполитова В.В

Научный руководитель: Евстафиева С.В. – ст. преподаватель

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

В современном мире информационных технологий базы данных стали неотъемлемой частью многих информационных систем и приложений. В условиях работы с большими объемами данных все чаще используют нереляционные СУБД. Отсюда вытекает потребность обучения студентов работе с нереляционными базами данных. В интернете существует мало обучающих курсов, направленных на изучение NoSQL и часто они либо ограничены теоретической базой, либо не используют современные методы обучения. Был проведен сравнительный анализ существующих онлайн курсов, результат представлен в таблице 1.

Таблица 1.

Таблица сравнения онлайн курсов, направленных на изучение NoSQL

	Яндекс Практикум	Stepik	Skillbox	Нетология
Наличие курсов для изучения NoSQL	Есть большое количество онлайн курсов. Для изучения NoSQL нет отдельного курса, с этим языком можно ознакомиться только в рамках программ для обучения разработчиков и инженеров данных.	Курсы различных направленностей. Есть курс, который предназначен для тех, кто хочет изучить основы NoSQL и научиться работать с нереляционными базами данных. Он охватывает основные понятия и принципы работы с NoSQL.	Курсы по программированию и др. направлениям. Есть курс по разработке, в рамках которого изучается MongoDB. Он охватывает основы работы с MongoDB, включая создание баз данных, выполнение запросов и работу с индексами.	Курсы по различным технологическим направлениям. Есть курс по аналитике, который предоставляет знания о Cassandra. Он охватывает принципы работы с Cassandra, включая настройку кластера, выполнение запросов и обеспечение отказоустойчивости.
Наличие бесплатных курсов	Платно	Платно	Платно	Платно
Интерактив в обучении	Интерактивный формат в виде тестов присутствует на каждом этапе обучения любого курса. Геймификация присутствует не на всех курсах.	Интерактивный формат появляется в автоматической проверке заданий и чате студентов для обсуждения.	Интерактивный формат есть на всех курсах. Например обучение проходит в формате сериала, где обсуждаются задачи с заказчиком, а затем практика с домашним заданием, которое проверяется куратором.	Интерактивный формат заключается в виртуальной доске.

Целью работы является разработка и реализация собственной системы обучения работе с нереляционными базами данных на платформе LMS Moodle, которая включает в себя теоретический материал, интерактивные тестовые задания с автопроверкой и элементами геймификации. С помощью такой системы обучения студенты смогут в интересном и современном формате изучать материал.

Библиографический список:

1. Базы данных. Практическое применение СУБД SQL и NoSQL типа для применения проектирования информационных систем. / Мартишин С.А., Симонов В.Л., Храпченко М.В. 2023 г.
2. Садаладж П., Фаулер М. NoSQL. Методология разработки нереляционных баз данных. – М.: Вильямс, 2020.
3. Официальная документация Moodle [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.moodle.org>

РАЗРАБОТКА РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА СБОРКИ УНИВЕРСАЛЬНОГО БЛОКА КУЗОВНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Исхаков В.С.

Научный руководитель: Фокин Н.Н. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Данное исследование направлено на повышение эффективности сборочных процессов за счёт оптимизации использования рабочего пространства роботизированного манипулятора. Актуальность обусловлена необходимостью сокращения такта выпуска изделий и снижения издержек при сборке автомобильной электроники.

В результате исследования реализован метод централизованной компоновки РТК, обеспечивающий максимальное заполнение рабочей зоны 6-ти осевого робота KUKA KR10. Предложенный подход исключает промежуточные транспортные системы и сокращает количество точек синхронизации с 12–18 до 5–7. Оптимизация траекторий движения позволила снизить такт выхода изделия до 50 секунд.

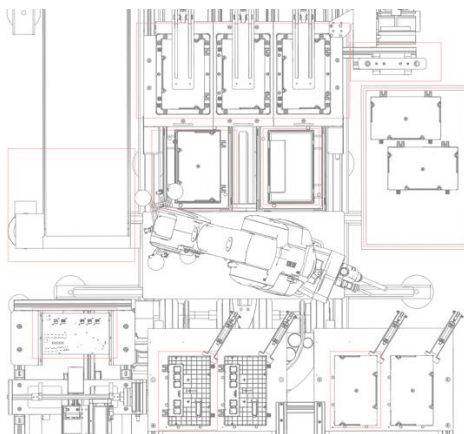


Рис. 1. Схема централизованной компоновки роботизированного комплекса

Таблица 1.

Сравнительный анализ вариантов компоновки роботизированного технологического комплекса

Критерий	Модульная архитектура	Централизованная архитектура
Коэффициент использования пространства	0,42–0,58	0,78–0,91
Время холостого перемещения, с	8,2–12,5	2,1–4,3
Такт выхода изделия, с	65–75	50

Экономический расчет показал, что внедрение комплекса позволит сократить время цикла сборки и снизить уровень брака, что обеспечит срок окупаемости проекта менее 1 года.

Библиографический список:

1. Аббясов В.М., Бухтеева И.В. Оптимизация компоновочных решений сборочного оборудования на этапе проектирования // Технология машиностроения. — 2014. — № 5. — С. 27–31.
2. KUKA Robotics. System Software 8.6 - Operating and Programming Instructions for System Integrators. - Augsburg: KUKA AG, 2023.
3. System of designing robotic workplace: optimization of movement paths and resource utilization // ResearchGate. — 2024.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СКЛАДОМ ДЛЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Исхаков Р.М.

Научный руководитель: Пушков Р.Л. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Эффективный складской учет — ключевой фактор стабильности машиностроительного предприятия. Ошибки в учете ведут к простоям и финансовым потерям. Системы класса ERP избыточны для локальных цеховых складов, а использование электронных таблиц не обеспечивает должного уровня автоматизации. Целью работы является разработка программно-аппаратного комплекса управления складом, адаптированного под нужды производственного подразделения.

Система построена на основе трехзвенной архитектуры. Серверная часть реализована на платформе ASP.NET Core (Minimal API), база данных — PostgreSQL. Программный комплекс обеспечивает автоматизацию операций приемки, выдачи и контроля остатков. Особенностью системы является модуль аутентификации: помимо стандартного входа по логину и паролю, реализован доступ с помощью персональных RFID-карт сотрудников. Аппаратная часть считывателя реализована на базе микроконтроллера Arduino, который через выделенный прокси-сервер (COM-port listener) передает данные на основной сервер системы.

В системе реализовано распределение прав доступа для трех ролей: начальник склада, комплектовщик и кладовщик. Для повышения оперативности работы внедрена система интеллектуальных автоподсказок при вводе номенклатуры.

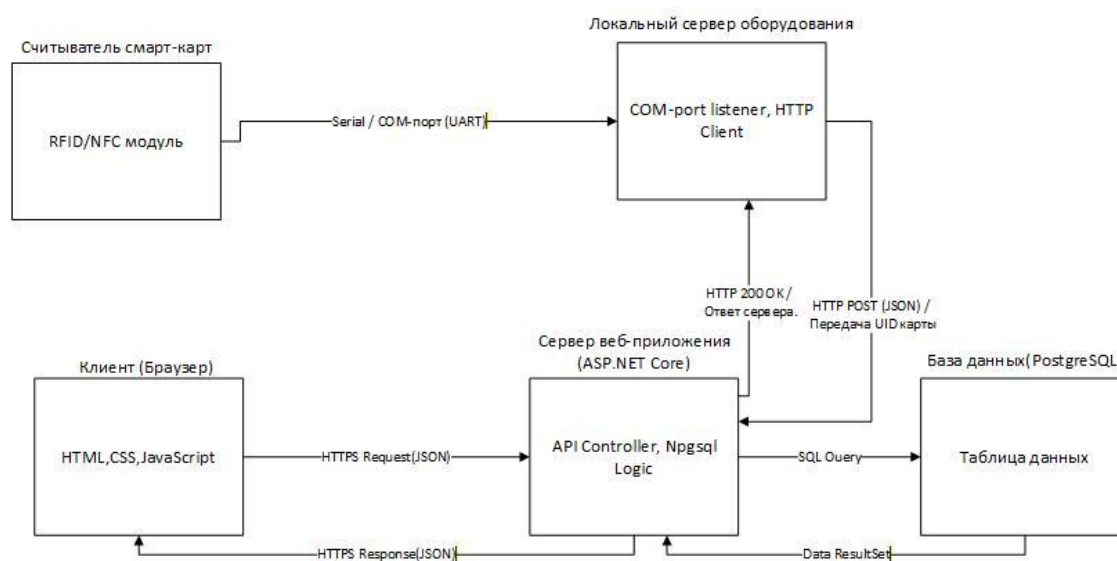


Рис. 1. Схема архитектуры информационной системы

Библиографический список:

1. Волгин В. В. Склад: логистика, управление, анализ. — 11-е изд. — Москва: Дашков и К, 2009. — 736 с.
2. Прайс М. Дж. C# 10 и .NET 6. Современная кросс-платформенная разработка. — Санкт-Петербург: Питер, 2025. — 896 с.
3. Соммер У. Программирование микроконтроллеров Arduino. — СПб.: БХВ-Петербург, 2020. — 256 с.

РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМОВ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ СТАНОЧНОЙ ПАНЕЛИ К ЯДРУ СИСТЕМЫ ЧПУ

Калабухов В.В.

Научный руководитель: Соколов С.В. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

В процессе эксплуатации станка с числовым программным управлением (ЧПУ) требуется удобный интерфейс взаимодействия оператора со станком. В зависимости от назначения станка меняется конфигурация панели оператора, что может выражаться в необходимости подключения дополнительных органов управления осями, индикаторов и экранов для отслеживания параметров [1, 2].

В настоящее время на станках, оснащенных системой ЧПУ «АксиОМА Контрол» основным способом ручного управления является станочная панель, отображаемая на сенсорном экране. Однако, многие действия оператора со станочной панели удобнее и безопаснее выполнять, имея тактильную обратную связь от органов управления, что приводит к необходимости разработки механизма, позволяющего продублировать наиболее важные органы управления в физическом исполнении.

В работе предложена схема подключения аппаратных компонентов станочной панели посредством модулей удаленного ввода-вывода системы ЧПУ по протоколу EtherCAT (Рис. 1). Реализованы библиотеки на языке FBD для программно-реализованного контроллера электроавтоматики системы ЧПУ «АксиОМА Контрол» для поддержки процесса конфигурирования и настройки взаимодействия с панелями управления различной компоновки.

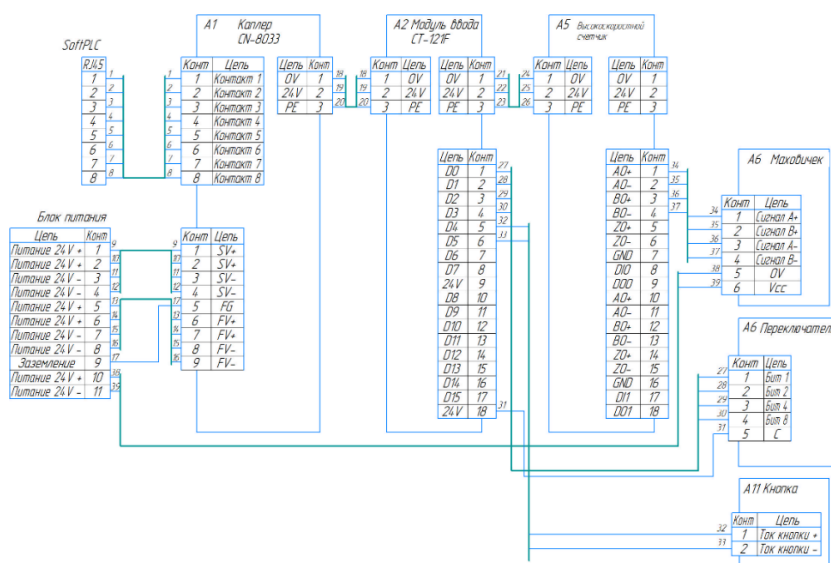


Рис. 1. Обобщенная электрическая схема подключения органов управления к ядру системы ЧПУ

Библиографический список

1. Мартинов Г.М., Козак Н.В., Нежметдинов Р.А. Специфика построения панелей управления систем ЧПУ по типу универсальных программно-аппаратных компонентов // Автоматизация и современные технологии 2010 С. 34-40.
2. Никишечкин П.А., Червоннова Н.Ю., Никич А.Н. Подход к построению специализированных портативных терминалов для контроля и управления технологическим оборудованием // Автоматизация в промышленности, №6. 2018. с.63-67.

ИНТЕРАКТИВНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЛАЗЕРНОЙ ГРАВИРОВКИ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ПРЕДПРОСМОТРА НАСТРОЙКИ ПАРАМЕТРОВ

Касеев Б.М.

Научный руководитель: Нежметдинов Р.М. – д.т.н., профессор

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Лазерная гравировка требует правильной настройки параметров обработки для получения требуемого результата. Создание виртуального симулятора с возможностью интерактивной визуализации поможет дополнить процесс обучения начинающего оператора и упростить процесс усвоения новой информации.

Разработанная система выполнена в среде Unity, позволяет оператору видеть и настраивать результат обработки в 3D. Система включает трёхмерную сцену станка, панель управления для настройки параметров скорости и мощности обработки, визуальный след, который зависит от параметров настройки лазерного гравера.

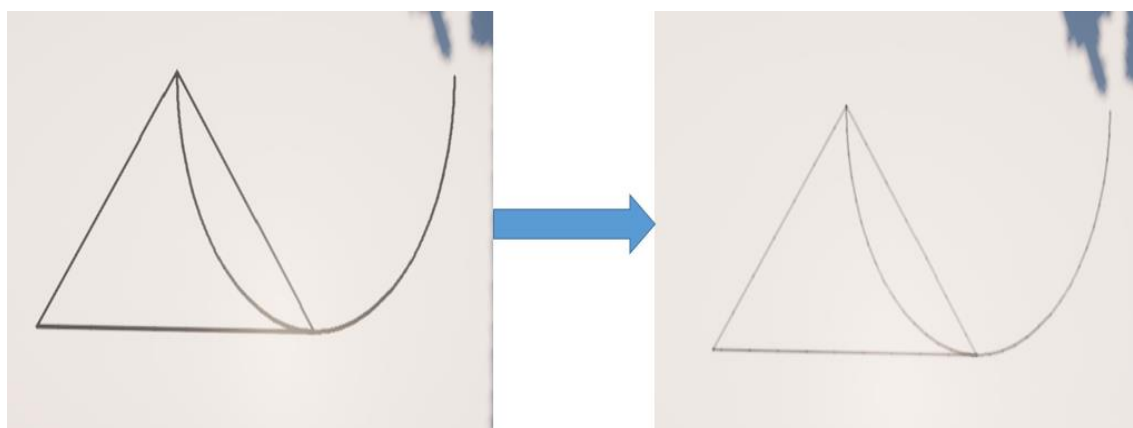


Рис. 1. Зависимость визуального следа от параметров мощности и скорости

Данная система интерактивной визуализации позволяет в реальном времени наблюдать, как изменение скорости и мощности влияет на интенсивность лазерного следа. Разработанный симулятор может быть использован как тренажёр для подготовки специалистов в области лазерных технологий.

Библиографический список:

1. Гребенчук, А. А. Создание интерактивных 3D моделей в среде Unity / А. А. Гребенчук // 67-я научно-техническая конференция учащихся, студентов и магистрантов, 18-23 апреля, Минск: сборник научных работ: в 4 ч. Ч. 4 / Белорусский государственный технологический университет. - Минск: БГТУ, 2016. - С. 19-22.
2. Хокинг Д. «Unity в действии. Разработка игр и симуляторов». - СПб: Питер, 2020. – 350 с
3. Вейко В.П., Петров А.А., Самохвалов А.А., Введение в лазерные технологии. Опорный конспект лекций по курсу «Лазерные технологии» под редакцией В.П. Вейко.: - СПб: Университет ИТМО, 2018 – 161 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРОМ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЫСТРОЙ СМЕНЫ ИНСТРУМЕНТА НА МНОГОКООРДИНАТНОМ ОБРАБАТЫВАЮЩЕМ ЦЕНТРЕ С ЦЕПНЫМ МАГАЗИНОМ

Катунин А.В.

Научный руководитель: Коваленко А.В. - к.т.н. доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Разрабатываемая система автоматической смены инструмента предназначена для применения в составе технологического оборудования обрабатывающего центра модели МС-700, используемого для обработки сложных деталей, таких как моноколеса, турбинные лопатки и пресс-формы. Особенностью данного оборудования является наличие цепного магазина, расположенного на большом расстоянии от рабочей зоны, что увеличивает время выполнения смены инструмента. Разработка схемы интеграции манипулятора в конструкцию обрабатывающего центра влечёт за собой соблюдение выбора места для установки манипулятора таким образом, чтобы его радиус работы охватывал необходимые зоны и при этом необходимо обеспечить свободное пространство для перемещений, схема интеграции изображена на рисунке 1.

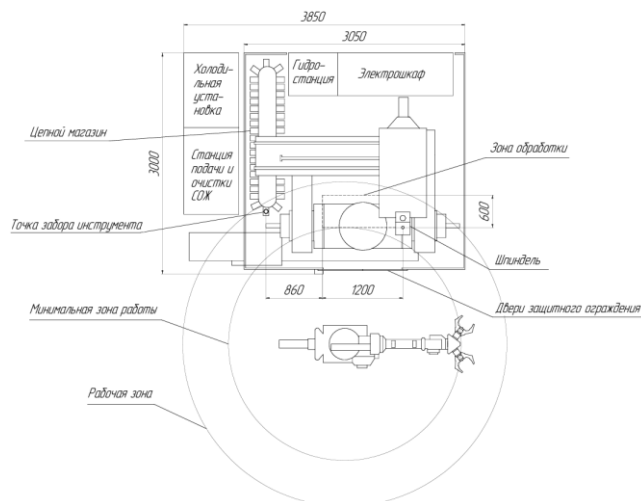


Рис. 1. Схема интеграции манипулятора в конструкцию обрабатывающего центра

Физическая реализация системы осуществляется с помощью элементов системы: электрического манипулятора, Овен ПЛК100 и системы ЧПУ Sinumerik 840D. С учётом элементов схемы разработана схема подключения, учитывающая взаимодействие элементов, которая реализуют полный цикл смены инструмента. Программная реализация системы выполнена в среде разработки CODESYS на языке ST, что позволило обеспечить гибкость логики и удобство обработки условий.

Библиографический список:

1. МС-700: Техническая документация / [без указания автора]. — Москва: НИАТ, 2024. — 8 с.
2. Устройства автоматической смены инструментов обрабатывающих центров [Электронный ресурс] // Станотекс. — Режим доступа: <https://www.stanotex.ru/ustrojstvo-smeny-instrumenta2/>.

РАЗРАБОТКА КОНВЕРТЕРА ПЛК ПРОГРАММ НА ЯЗЫКЕ FBD

Комаров А.С.

Научный руководитель: Мартинов Г.М. – д.т.н., профессор

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

В условиях роста требований к переносимости и повторному использованию программируемых логических контроллеров (ПЛК) возрастает актуальность задач преобразования программ между различными средами разработки. Особый интерес представляет перенос программ, разработанных в СЧПУ «АксиОМА Контрол» (AxiOMA Control), в среды, поддерживающие стандарт OpenXML, такие как CoDeSys и другие совместимые платформы.

Язык функциональных блоков (FBD), входящий в стандарт IEC 61131-3, широко применяется в промышленной автоматизации благодаря наглядности представления алгоритмов и удобству разработки. Однако различные программные комплексы используют собственные форматы хранения проектов, что существенно усложняет миграцию и интеграцию решений.

Целью работы является разработка конвертера, обеспечивающего автоматическое преобразование программ на языке FBD из формата СЧПУ «АксиОМА Контрол» в OpenXML-совместимый формат, пригодный для импорта в CoDeSys и аналогичные системы. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: проведён анализ структуры исходных данных, изучен формат представления FBD в OpenXML, разработан алгоритм трансляции и реализован программный прототип.

В ходе работы исследована внутренняя структура проектов СЧПУ «АксиОМА Контрол», включая описание функциональных блоков, соединений и параметров. Установлены соответствия между элементами исходного формата и целевой XML-структуры. Разработанный алгоритм включает этапы парсинга, формирования промежуточной модели и генерации итогового XML-документа.

Реализованный прототип позволяет автоматически формировать OpenXML-файлы, пригодные для импорта в CoDeSys и другие среды, поддерживающие данный стандарт.

Результаты работы демонстрируют возможность автоматизации процесса переноса ПЛК-программ между различными платформами. Предложенный подход может быть расширен для поддержки других языков стандарта IEC 61131-3 и дополнительных сред разработки.

Практическая значимость работы заключается в снижении трудозатрат при миграции проектов и повышении совместимости систем промышленной автоматизации.

Библиографический список:

1. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Системы числового программного управления: Учебное пособие. - М.: Логос, 2005
2. ГОСТ Р МЭК 61131-1-2016 Контроллеры программируемые. Часть 1. Общая информация (IEC 61131-1: 2003, IDT). – М.: Стандартинформ, 2016. – 2 с.
3. PLCopen Standarts: XML Exchange. – Режим доступа: www.plcopen.org/standards/xml-exchange/ (дата обращения: 27.03.2026).
4. Официальная спецификация стандарта XML [электронный ресурс]: Официальная спецификация стандарта XML - Режим доступа: <https://www.w3.org/TR/xml11/> (дата обращения 26.03.2026).

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДБОРА ИНСТРУМЕНТА НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Кондратьев В.Е.

Научный руководитель: Евстафиева С.В. – ст. преподаватель

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

В современных условиях развития машиностроения особую актуальность приобретает оптимизация процессов технологической подготовки производства, в частности, системы подбора режущего инструмента. Эффективное инструментальное обеспечение является одним из ключевых факторов повышения производительности и качества механической обработки деталей, что напрямую влияет на конкурентоспособность предприятия.

Целью данной работы является сокращение времени подбора инструмента для машиностроительного предприятия. Для достижения поставленной цели решаются несколько задач: анализ существующих систем подбора режущего инструмента; анализ программных средств, применяемых при разработке; разработка методики подбора инструмента, алгоритмов работы системы и определение её функциональных возможностей; проектирование базы данных для хранения информации о режущем инструменте; программная реализация и тестирование системы.

На этапе анализа и исследования были рассмотрены современные системы подбора инструмента и выявлены их основные недостатки, к которым относятся: зависимость от конкретного производителя, ограничение возможности поиска аналогов. На основе проведенного анализа предложена методика подбора режущего инструмента, которая учитывает совокупность параметров геометрии, размеров, материала и других значимых характеристик.

Научная новизна работы заключается в разработанном алгоритме ранжирования аналогов инструментов, основанном на многокритериальной оценке параметров инструмента. Предложенный алгоритм позволяет формировать упорядоченный список аналогов инструмента по степени соответствия заданным требованиям.

Разработанная система позволяет сократить время подбора инструмента и упростить работу инженера по инструментам, инженеров-технологов и других специалистов. Также данная система позволяет повысить эффективность поиска аналогов режущего инструмента при его отсутствии на складе или замене производителя.

Проведенное тестирование подтвердило работоспособность системы и соответствие реализованного функционала поставленным задачам.

Библиографический список:

1. Ковалёв В. Ф. Технология машиностроения: учебник для вузов. — М.: Машиностроение, 2019. — 528 с.
2. Суслов А. Г., Фёдоров В. П. Резание металлов и режущий инструмент: учебное пособие. — М.: Инфра-М, 2020. — 352 с.
3. Грановский Г. И. Режущий инструмент для станков с ЧПУ. — М.: Машиностроение, 2018. — 416 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ОНЛАЙН-СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЮ НА G-КОДЕ

Кондратьева Д.Д.

Научный руководитель: Евстафиева С.В. – ст. преподаватель

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

В современных условиях развития промышленности и технологий особую актуальность приобретает подготовка квалифицированных специалистов в области программирования и эксплуатации станков с числовым программным управлением (ЧПУ).

Методика преподавания данного курса представляет собой комплексную систему обучения, направленную на формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков разработки управляющих программ для фрезерных станков с ЧПУ. В условиях стремительного развития технологий и цифровизации производства особую значимость приобретает подготовка специалистов, способных эффективно работать с современным оборудованием и программным обеспечением.

Целью данной работы является разработка онлайн-курса обучения программированию на G-коде. Для достижения поставленной цели был проведён анализ существующих подходов к обучению и платформ для обучения; разработана методика обучения и сформирована последовательность изучения тем; реализовано наполнение курса обучающими материалами и их тестирование.

В рамках исследования были рассмотрены современные подходы к цифровому обучению, которые использовались при составлении курса. Особое внимание уделено сочетанию кратких теоретических блоков, визуального отображения, практических заданий промежуточного и итогового контроля. Данный подход позволил снизить когнитивную нагрузку на обучающихся и обеспечить поэтапное усвоение материала.

Научная новизна заключается в разработанной системе обучения для специалистов в области написания управляющих программ на G коде, которая учитывает в себе комплексный подход к обучению, сочетающий теоретические знания и практические навыки, а также учитывающий возможности восприятия информации студентами.

Разработанная методика и последовательность тем способствует улучшению восприятия учебного материала и более эффективному формированию практических навыков.

Библиографический список:

1. Запорожко, В.В. Разработка структурной модели массовых открытых онлайн-курсов на базе современных облачных образовательных платформ / В.В. Запорожко, Д.И. Парфёнов // Современные наукоемкие технологии, 2017. - № 3. - С. 12-17. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=36608> (дата обращения: 18.12.2024).
2. Иванова, К.С. Массовые образовательные онлайн-курсы как инновационное направление на смену традиционному образованию / К.С.Иванова, А.Ю. Степанова // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции. - Санкт-Петербург: СПбПУ, 2017. - С. 308-309.
3. Попова Л.В., Марфенин Н.Н., Пеккер П.Л. Портрет слушателя открытого онлайн курса // Высшее образование в России. 2017. № 10 (215). С. 149–155.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЛЯ СЧПУ «АксиОМА Контрол»

Корнеев М.А.

Научный руководитель: Евстафиева С.В. – ст. преподаватель

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Современные системы числового программного управления (ЧПУ), включая систему «АксиОМА Контрол», нуждаются в эффективных инструментах визуализации для обеспечения высокой точности и безопасности обработки деталей. Отсутствие чёткой визуальной обратной связи создаёт риск ошибок оператора, что может привести к снижению качества продукции и возникновению аварийных ситуаций.

Целью настоящего исследования является разработка специализированной подсистемы моделирования работы станка с функцией мониторинга и фиксации критических событий, в том числе: выхода инструмента за пределы рабочей зоны и потенциальных столкновений инструмента с оснасткой.

В качестве платформы разработки выбрана кроссплатформенная среда Unity, позволяющая: создать детализированную трёхмерную модель станка и реализовать систему моделирования управления движением по осям X, Y, Z. Смоделировать концевые выключатели в виде виртуальных триггеров, срабатывающих при достижении предельных положений.

Обмен данными между виртуальной моделью и системой ЧПУ осуществляется посредством специализированной библиотеки. В ходе тестирования были успешно верифицированы ключевые сценарии: обнаружение столкновений инструмента с оснасткой и фиксация выхода инструмента за рабочую область. Результаты испытаний подтвердили корректность работы подсистемы.

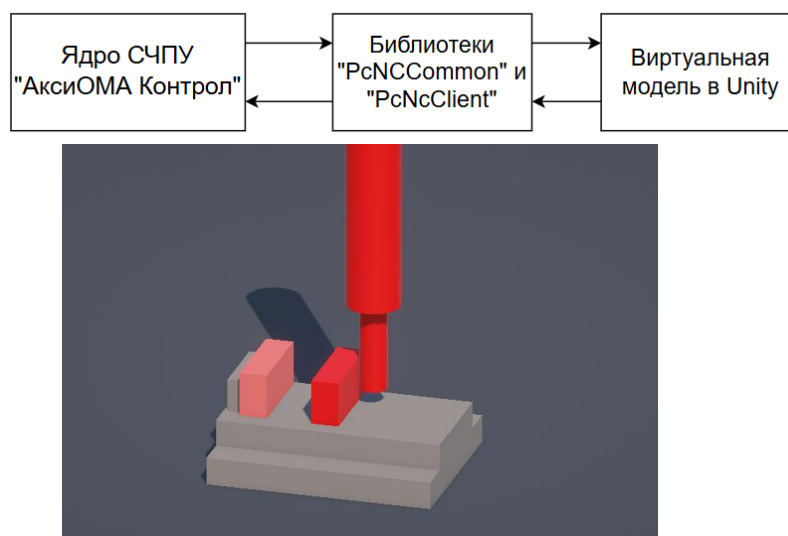


Рис. 1. Трёхмерная модель станка и схема взаимодействия

Библиографический список:

1. Unity Technologies. Unity Scripting API Reference. 2023. URL: <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/>

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧИРОВАНИЯ И АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Королев К.В.

Научный руководитель: Пушков Р.Л. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Система диспетчеризации и автоматизации промышленных помещений является важным элементом современных АСУ ТП, обеспечивающим централизованный контроль и управление инженерной инфраструктурой объектов. На практике внедрение подобных систем часто осложняется необходимостью интеграции разнородного оборудования и программного обеспечения, работающего в различных средах, а также требованиями к надежности и непрерывности работы [1].

В связи с этим рассматривается задача разработки системы диспетчеризации на базе SCADA-системы Simple Scada и программируемого реле ОВЕН. Выбор данной платформы обусловлен поддержкой современных протоколов обмена данными, возможностями визуализации технологических процессов, а также сравнительно низкой стоимостью внедрения и простотой настройки [2]. Дополнительным преимуществом является возможность масштабирования системы без значительных изменений в её архитектуре [3].

Разрабатываемая система ориентирована на мониторинг и управление параметрами промышленных помещений, включая температурный режим, влажность, освещение и работу вентиляционных систем. Предусмотрена возможность подключения различных типов датчиков и исполнительных устройств, что позволяет адаптировать систему под конкретные условия эксплуатации.

Архитектура системы включает уровень датчиков и исполнительных механизмов, контроллерный уровень и уровень диспетчеризации. На уровне контроллера реализуются алгоритмы управления и предварительная обработка данных, после чего информация передаётся в SCADA-систему для визуализации и анализа. Обмен данными между компонентами осуществляется по промышленным протоколам, что обеспечивает расширяемость и совместимость с другим оборудованием. Также предусмотрена возможность удалённого доступа к системе, что позволяет оператору контролировать состояние объекта и оперативно реагировать на нештатные ситуации. Система позволяет упростить процесс контроля инженерных систем, повысить оперативность принятия решений и снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций. При этом возможна адаптация решения под различные объекты за счёт изменения конфигурации оборудования и программных модулей без существенной переработки всей системы.

Библиографический список:

1. International Society of Automation. SCADA Systems Overview [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.isa.org/>
2. Simple Scada. – Официальный сайт. – Режим доступа: <https://simple-scada.com/>
3. ОВЕН ПР103. Программируемое реле ПР103 / ОВЕН. – Режим доступа: <https://owen.ru/product/pr103>

РАЗРАБОТКА НЕЧЕТКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ ЧИСТОГО ПОМЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Косяков А.А.

Научный руководитель: Никишечкин А.П. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Работа посвящена разработке нечеткого алгоритма в среде MatLab Fuzzy Logic Toolbox для управления системой вентиляции. Для разработки нечеткого алгоритма выбраны датчики температуры, влажности, давления и чистоты воздуха с поддержкой промышленных протоколов для работы с ПЛК, сформулированы нечеткие множества, универсумы и составлена база правил. Необходимость нечеткого алгоритма в системе вентиляции вызвана возможностью плавного регулирования частоты асинхронного двигателя, что позволяет обеспечить плавное регулирование параметрами микроклимата. Реализация на базе ПЛК позволит реализовать аварийные режимы, когда на вход датчиков приходят значения вне универсумов.

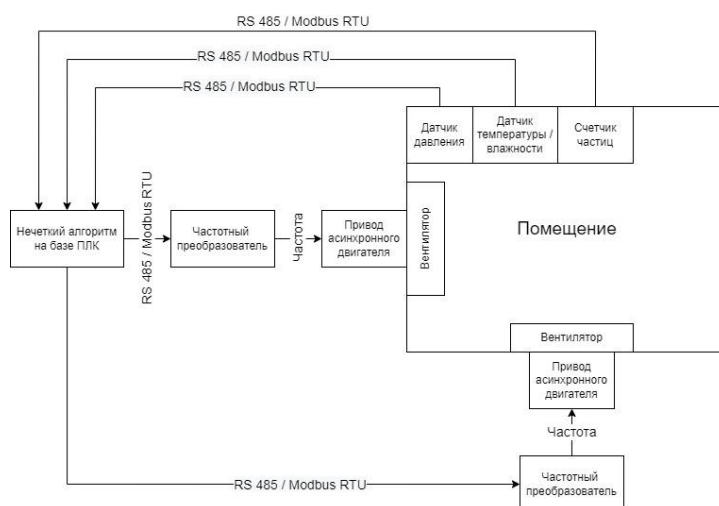


Рис. 1. Схема системы вентиляции под управлением нечеткого алгоритма

После создания нечеткого алгоритма перенесем его в среду Engage для генерации независимого кода от внутренних библиотек среды, что позволит отобразить аналитическую структуру алгоритма и адаптировать код в язык структурированного текста стандарта МЭК-61131-3. Управление системой вентиляции осуществляется с помощью ПЛК WAGO PFC200 модель 750-8212. Реализация программы для ПЛК выполнена в среде Codesys V3.5.

Библиографический список:

1. Леоненков А. В. Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 736 с.
2. Engage. Документация по среде моделирования и языку Julia. — ООО «Энжи», 2024. — Режим доступа: URL: <https://engage.com>
3. Романов, С. Изучаем Structured Text (МЭК 61131-3) / С. Романов; под ред. С. Костычевой, Н. Кулагина, О. В. Шишова, 2021. — 202 с.

РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ УП ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПА ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ ДЛЯ СЧПУ «АКСИОМА КОНТРОЛ»

Котов Д.А.

Научный руководитель: Евстафиева С.В. – ст. преподаватель

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Детали типа тел вращения (валы, оси, втулки) являются одними из наиболее распространенных в машиностроении. Их обработка на станках с ЧПУ традиционно требует ручного написания управляющей программы (УП), что в условиях мелкосерийного и среднесерийного производства приводит к значительным временным затратам и высокому риску появления ошибок. Даже незначительное изменение геометрии детали влечет за собой трудоемкую корректировку G-кода, что снижает гибкость технологической подготовки производства.

Ситуация усугубляется необходимостью использования различных технологических переходов (подрезка торцов, сверление центровых отверстий, черновое и чистовое точение, проточка канавок, фрезерование шпоночных пазов) и сложностью обеспечения их корректной последовательности. Отсутствие единого параметрического подхода делает процесс создания УП для каждой новой детали уникальным и ресурсозатратным.

Разработка параметрической УП для СЧПУ «АксиОМА Контрол» позволяет автоматизировать процесс программирования за счет формализации описания геометрии детали и технологических параметров обработки. Оператор задает параметры вала: размеры ступеней, расположение канавок, параметры фасок и шпоночных пазов. На основе введенных данных система обрабатывает деталь при помощи стандартных циклов обработки (G271, G81, G273, G288, G272, G388), формируя готовую УП.

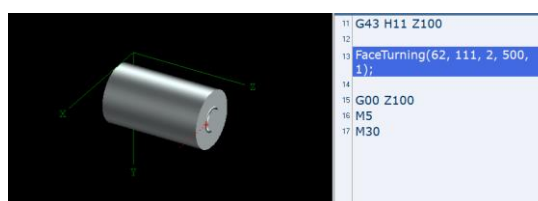


Рис. 1. Результат работы цикла обработки



Рис. 2. Траектория обработки

Библиографический список:

1. Система ЧПУ “АксиОМА Контрол” Расширенное программирование [Электронный ресурс]. – Версия 1.0.14. – 2022.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМОВ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Кузьменков А.В.

Научный руководитель: Соколов С.В. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Данная работа посвящена разработке методики применения алгоритмов предиктивной аналитики, способной обеспечить комплексный анализ данных технологического оборудования для дальнейшего прогноза возможных отказов или необходимости в техническом обслуживании. В работе представлены решение нескольких важных задач, включая сравнение существующих методик анализа данных технологического оборудования, проектирование концептуальной модели системы, а также разработка и тестирование прототипа этой системы.

В ходе работы был проведен обзор и сравнительный анализ существующих методик и систем предиктивной аналитики [0]. На основе проведенного анализа, был спроектирован и разработан прототип системы предиктивной аналитики. Подобраны тестовые данные и сценарии тестирования, для практической оценки выбранной методики.

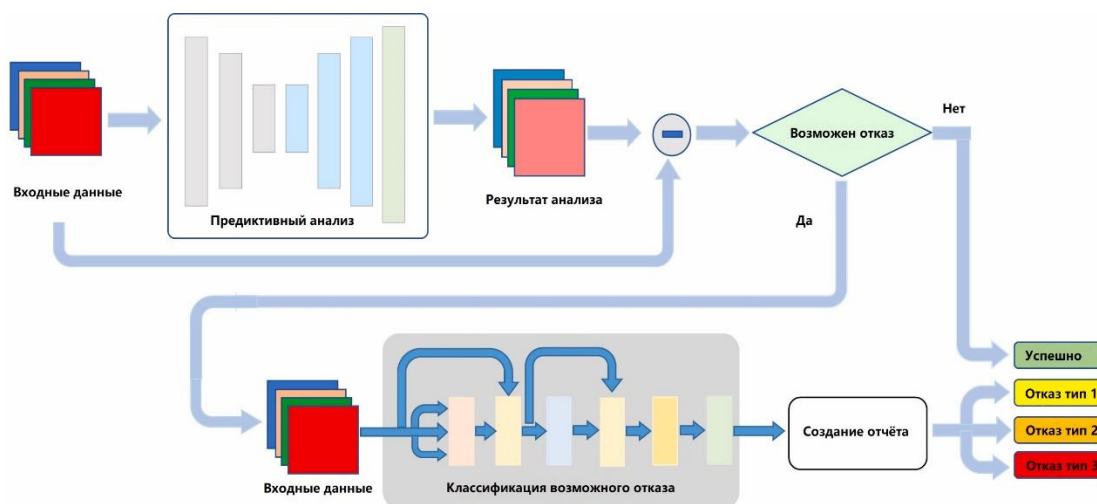


Рис. 1. Схема прогнозирования и классификации отказов

Одна из ключевых особенностей данной методики, это отдельный этап (рис. 1) классификации отказов по типам. С последующим составлением и направлением отчётов об отказах ответственным лицам.

Библиографический список:

1. Добрынин С.Л., Бурковский В.Л. Мониторинг и предиктивная аналитика технологического оборудования на базе промышленного интернета вещей // Вестник Воронежского государственного технического университета. - 2020. - №5. - С. 7-12.
2. Коршикова А.А., Трофимов А.Г. Модель раннего обнаружения аварийных ситуаций на оборудовании электростанций на основе методов машинного обучения // Теплоэнергетика. - 2019. - №3. - С. 49-56.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КРОССПЛАТФОРМЕННОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ РАСЧЁТОВ ДЛЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

Куров Д.А.

Научный руководитель: Пушков Р.Л. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

В связи прогрессом инженерного образования и компьютеризации учебного процесса возрастает необходимость в доступном программном обеспечении для математического моделирования. Целью данной работы является разработка кроссплатформенного программного обеспечения для автоматизации математических расчётов, ориентированного на использование в учебных дисциплинах направления обучения «Автоматизация технологических процессов и производств».

На этапе анализа было проведено исследование дисциплин, в которых активно используются методы математического моделирования. Также выполнен сравнительный анализ существующих программных решений (Matlab Simulink, SimInTech, GNU Octave, Scilab), позволивший выявить их недостатки, такие как высокая стоимость, отсутствие удобного графического интерфейса или недостаточная кроссплатформенность.

На этапе проектирования была разработана архитектура программного обеспечения с использованием кроссплатформенного фреймворка AvaloniaUI. Для реализации математических вычислений выбран пакет Math.NET Numerics, а для визуализации данных выбрана библиотека ScottPlot. Такой выбор обеспечивает переносимость программного обеспечения между разными операционными системами и достаточную производительность при выполнении необходимых, в рамках обучения, задач.

Разработанное программное обеспечение реализует среду динамического моделирования, основанную на блочном принципе. Пользователь может формировать схемы из функциональных блоков (передаточные функции, регуляторы, сумматоры, вход, выход), задавать параметры блоков и получать результаты в виде графиков переходных и частотных характеристик. Реализована поддержка вычисления общей передаточной функции системы, для ускорения визуализации характеристик построенной схемы.

Особое внимание уделено пользовательскому интерфейсу, обеспечивающему наглядность построения схема и удобство работы пользователя. Интерфейс позволяет изменять параметры системы и анализировать результаты моделирования, что повышает эффективность обучения, уменьшая время на освоение программного обеспечения в связи с его простотой.

На этапе тестирования программное обеспечение было использовано на дисциплинах направления обучения. Разработанное решение может быть использовано в образовательных учреждениях в качестве замены коммерческим системам моделирования, обеспечивая доступность и независимость учебного процесса от зарубежного программного обеспечения.

Библиографический список:

1. Электронная документация AvaloniaUI [электронный ресурс]: <https://docs.avaloniaui.net/>. MVVM Architecture - <https://docs.avaloniaui.net/guides/basics/mvvm>
2. Math.NET Numerics / [Электронный ресурс]: [сайт]. — URL: <https://numerics.mathdotnet.com/>
3. В.С. Щербаков, А.А. Руппель, В.А. Глушеч. Основы моделирования систем автоматического регулирования и электротехнических система в среде Matlab и Simulink: Учебное пособие. - Омск: Изд-во СибАДИ, 2003. –160 с.
4. Электронная документация ScottPlot [электронный ресурс]: <https://scottplot.net/>

РАЗРАБОТКА МАСШТАБИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И МОНИТОРИНГА АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ СКЛАДОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ OPC UA

Лебедева А.Б.

Научный руководитель: Аль Хури А. – ст. преподаватель

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Автоматизация является важным элементом современных производственных процессов. Автоматизированные складские системы - элемент современной логистической инфраструктуры, применяются в промышленности и распределительных комплексах. Их использование позволяет повысить эффективность обработки, снизить влияние человеческого фактора и обеспечить высокую точность учёта.

В ходе анализа современных решений выявлено, что предприятия сталкиваются с необходимостью расширения складской инфраструктуры, увеличения числа заказов и обновления оборудования при повышении требований к надёжности и производительности.

В связи с этим актуальной является задача разработки масштабируемых систем управления автоматизированными складами, обеспечивающих возможность расширения системы без изменения программной логики и архитектуры управления.

Целью данной работы является разработка и исследование масштабируемой архитектуры системы управления и мониторинга автоматизированного склада, обеспечивающей параметрическое добавление складских блоков без изменения основной логики управления, с применением технологии OPC UA и SCADA-системы.

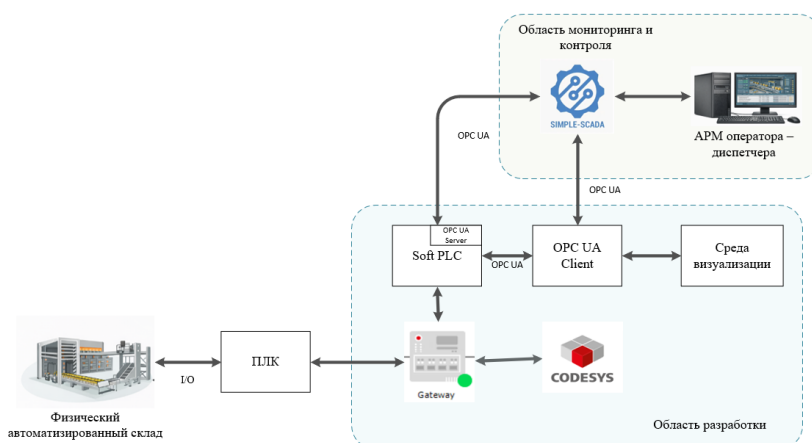


Рис. 1. Обобщенная структура системы автоматизированного склада

Данная архитектура системы управления и мониторинга автоматизированного склада обеспечивает интеграцию управления, визуализации и диспетчеризации в рамках единого информационного пространства. Применение технологии OPC UA позволяет организовать обмен данными между компонентами системы, а SCADA-система - централизованный контроль и управление складским комплексом. Реализация модульного подхода обеспечивает возможность масштабирования системы без изменения программной логики.

Библиографический список:

1. Мартинов Г.М., Мартинова Л.И., Пушков Р.Л. Автоматизация технологических процессов в машиностроении. Учебное пособие - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: МГТУ «Станкин», 2011. – 200 с.
2. Нежметдинов Р. А. Программно реализованный логический контроллер – инновационный продукт для автоматизации технологического оборудования // Инновации. – 2016. – № 8. 100–104 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧАСТКА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЫХОДНЫХ РАЗМЕРОВ УГЛЕПЛАСТИКОВЫХ СТЕРЖНЕЙ

Маркосян Д.А.

Научный руководитель: Фокин Н.Н. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Углепластиковые стержни, получаемые методом пултрузии, являются ключевым полуфабрикатом для объёмно-армированных углепластиковых композиционных материалов (УУКМ). Критическим параметром, определяющим как прочность при сжатии, так и возможность плотной упаковки стержней в каркасы, является точность наружного диаметра и его постоянство по длине. Существующая практика выходного контроля на большинстве производств базируется на выборочных измерениях с помощью ручного лазерного микрометра ИД2-25 и последующих разрушающих испытаниях образцов на устойчивость к продольному изгибу. Такой подход обладает рядом системных недостатков: он не гарантирует качество каждого стержня в партии, не выявляет локальные дефекты (сужения, утолщения), трудоёмок и не синхронизирован со скоростью непрерывного технологического процесса.

В рамках данной работы предложен метод автоматизации контроля диаметра путём встраивания высокоскоростного лазерного измерителя непосредственно в пултрузионную установку. Измерительный модуль размещается после печи основного нагрева и перед тянущими роликми, где стержень уже имеет стабильную геометрию и не подвержен вибрациям. Система работает в режиме реального времени: лазерный луч сканирует стержень в двух ортогональных плоскостях, что позволяет исключить влияние овальности сечения. Частота измерений выбирается из условия перекрытия всей длины стержня с шагом, меньшим размера критического дефекта (например, 10 измерений на 1 мм длины). Полученный массив данных поступает в контроллер, где сравнивается с заданными полями допусков. При выходе диаметра за пределы допуска система формирует сигнал для маркировки дефектного участка или команду на отбраковку.

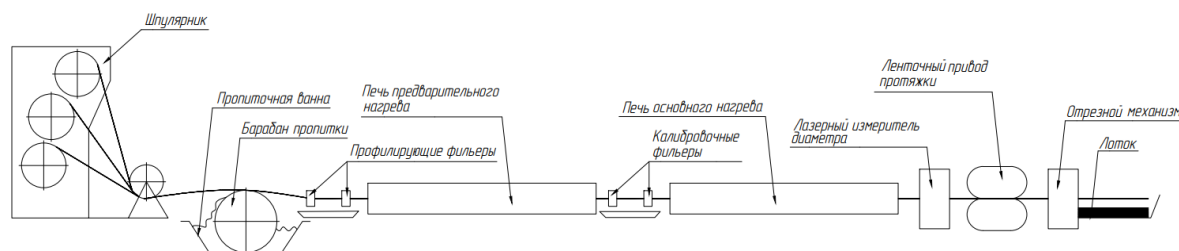


Рис. 1. Схема пултрузионной установки для изготовления стержней из углеродного волокна

Библиографический список:

1. Пановко Я. Г., Губанова И. И. Устойчивость и колебания упругих систем: Современные концепции, парадоксы и ошибки. - 4-е изд., перераб. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. 352 с. - (Пробл. науки и техн. прогресса).
2. Композиционные материалы : Справочник / [В. В. Васильев и др.]; Под общ. ред. В. В. Васильева, Ю. М. Тарнопольского. - Москва: Машиностроение, 1990. - 510 с. : ил.; 22 см.; ISBN 5-217-01113-0;

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ ПОМЕЩЕНИЙ НА БАЗЕ ПИД-РЕГУЛИРОВАНИЯ И НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Мартынов Ф.Е.

Научный руководитель: Никишечкин А.П. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Современная автоматизация зданий требует повышения энергоэффективности и качества микроклимата. Системы на базе ПИД-регуляторов обладают ограниченной адаптивностью к изменяющимся условиям, что приводит к дискомфорту и перерасходу энергии. Это обуславливает необходимость разработки адаптивных интеллектуальных систем управления.

Цель работы – разработка гибридной системы управления микроклиматом, объединяющей ПИД-регулирование и нечеткую логику для повышения энергоэффективности и качества поддержания параметров воздушной среды.

Для достижения цели решаются следующие задачи: анализ существующих систем управления; исследование методов нечеткого моделирования и адаптивного управления; разработка структуры гибридной системы (ПИД + нечеткая логика); обоснование выбора технических средств; разработка функциональной и электрической схем; создание модуля нечеткой логики; разработка программы управления на языке FBD.

Предлагается гибридный подход, сочетающий точность ПИД-регулирования и адаптивность нечеткой логики. В отличие от традиционных систем с фиксированными параметрами, разработанная система включает нечеткий логический блок, который в реальном времени анализирует ошибку регулирования и скорость её изменения, обеспечивая динамическую настройку коэффициентов ПИД-регулятора (K_p , K_i , K_d).

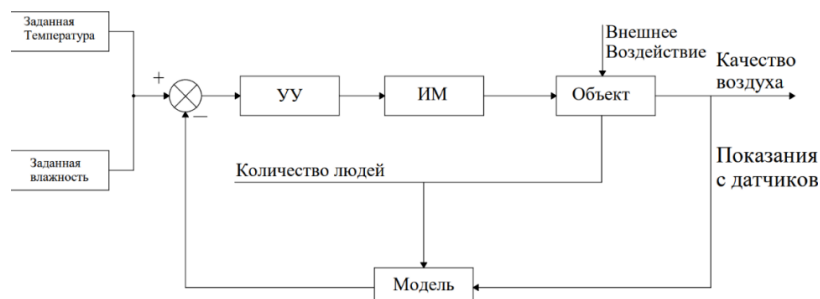


Рис. 1. Структура гибридной системы управления микроклиматом

Применение метода нечетких множеств позволяет использовать лингвистические переменные и учитывать степень достоверности данных. Моделирование нечеткого вывода выполнено в среде MatLab (модуль Fuzzy Logic Designer).

Научная новизна заключается в разработке архитектуры гибридной системы, в которой нечеткий логический блок выполняет функцию адаптивной настройки ПИД-регулятора, обеспечивая сочетание высокой точности и адаптивности к изменяющимся условиям.

Библиографический список:

1. Никишечкин А.П. Теория дискретных систем управления. Учебное пособие. – М.: ИЦ ГОУ МГТУ «Станкин», 2006. – 242 с.
2. Пашенко А.Ф., Базенков Н.И., Петров И.В., Рассадин Ю.М., Середа Л.А., Шушко Н.И. РАБОТЫ И ПРОЕКТЫ ЦЕНТРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ ИПУ РАН // Датчики и системы. 2024. №2 (274). С. 3-11.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ЧАСТИЦ ПРОЦЕССА ГАЗОТЕРМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ

Мелешенко И.А.

Научный руководитель: Евстафиева С.В. – ст. преподаватель

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Контроль параметров частиц при процессе газотермического напыления является важной задачей технологического мониторинга, так как скорость частиц влияет на свойства и характеристики формируемого покрытия [1].

Актуальность работы определяется тем, что существующие системы мониторинга процессов напыления являются дорогостоящими и недостаточно прозрачными с точки зрения применяемых алгоритмов обработки [1]. При этом в условиях реальных изображений выделение треков осложняется фоновыми искажениями, шумом, частичным перекрытием объектов и различием их яркостных характеристик. В таких условиях требуется инструмент, позволяющий не только получать итоговую оценку скорости, но и анализировать промежуточные этапы обработки, сравнивать алгоритмические подходы и настраивать параметры детектирования.

Главной задачей работы является улучшение точности настраиваемых алгоритмов, детектирования, сегментирования треков и вычисления скоростей частиц. В рамках работы реализована гибридная программная архитектура, включающая не только классические методы компьютерного зрения, но и методы нейросетевого сегментирования на синтетических данных, что позволяет эффективно разделять фоновые искажения, перекрывающиеся треки и обеспечивает переносимость на реальные изображения [2].

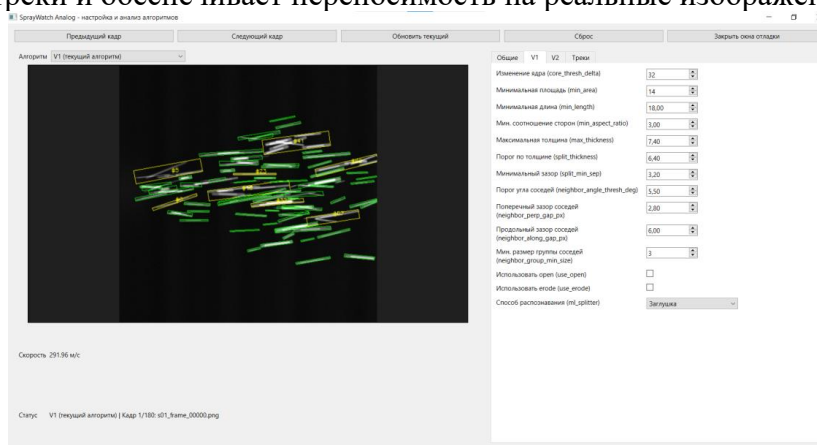


Рис. 1. Результат работы приложения

Приложение позволяет анализировать промежуточные этапы обработки, изменять параметры алгоритмов и сравнивать результаты работы различных методов.

Библиографический список:

1. Fauchais P., Vardelle M., Vardelle A. Reliability of plasma-sprayed coatings: monitoring the plasma spray process and improving the quality of coatings [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sci-hub.fr/10.1088/0022-3727/46/22/224016> (24.03.2026)
2. Tsalicoglou C., Rösgen T. Deep learning based instance segmentation of particle streaks and tufts [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6501/ac8892/meta#mstac8892bib12> (24.03.2026)

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ОТСЛЕЖИВАНИЯ НАЛИЧИЯ И СОСТОЯНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА СТАНКАХ С ЧПУ

Мельников Н. А.

Научный руководитель: Соколов С.В. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Современная металлообработка предъявляет высокие требования к точности изготовления деталей. Износ или повреждения режущего инструмента могут привести к снижению качества обработки и увеличению времени простоя оборудования. Для решения этой задачи предлагается разработка программной системы отслеживания наличия и состояния режущего инструмента на станках с ЧПУ (рис.1) [1]. Анализ состояния инструмента осуществляется средствами вычислительного ядра системы ЧПУ с использованием таких параметров, как ресурс режущей кромки и остаточный ресурс.

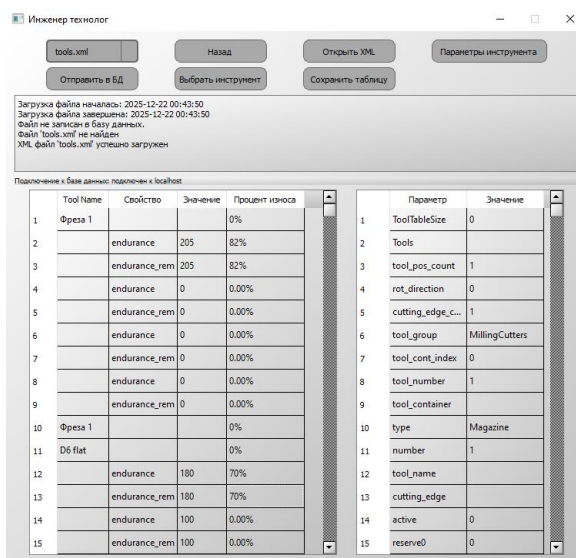


Рис. 1. Программная система отслеживания наличия и состояния режущего инструмента на станках с ЧПУ

Принцип работы программы: оператор берёт из ЧПУ “АксиОма Контрол” файл XML формируемый ядром системы ЧПУ, после программа обрабатывает данный файл и показывает необходимые параметры инструмента для оператора.

Разработка обусловлена следующими проблемами: снижение качества обработки, сложность управления данными, повышение эксплуатационных затрат.

Программа обладает возможностями:

- Содержит таблицу с необходимыми параметрами инструмента для определения степени износа инструмента.
- Интеграция с базой данных: хранит и извлекает информацию об инструменте.
- Автоматизирует выбор инструмента: предоставляет интерфейс для выбора инструмента по заданным критериям.

Библиографический список:

1. Система ЧПУ «АксиОМА Контрол» Расширенное программирование. МГТУ «СТАНКИН», 87 с., 2019г.
2. Основное руководство и документация по Qt для разработки на C++ и QML, сайт. – URL: <https://docs.qt.io> (дата обращения: 20.03.2026). – Текст: электронный.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИАЛОГОВОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ

Метельков П.Н.

Научный руководитель: Евстафиева С.В. – ст. преподаватель

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Проектирование управляющих программ для станков с ЧПУ представляет собой достаточно трудоемкую задачу, требующей знания G-кода, а также умения работать со специализированным ПО. При проведении профориентационных мероприятий возникает необходимость знакомства абитуриентов с принципами работы СЧПУ, основами разработки управляющих программ. Однако их квалификация не позволяет использовать полноценную СЧПУ для разработки. В этом случае возможно использование системы визуального программирования.

В рамках данной работы рассматривается подход, при котором формирование управляющей программы осуществляется посредством перетаскивания и последовательного размещения элементов. Построение контура детали для фрезерной или токарной обработки осуществляется пошагово, путем параметризации отдельных элементов. В дальнейшем по построенной последовательности можно сгенерировать управляющую программу в формате G-кода и запустить ее выполнение на полноценной системе ЧПУ «АксиОМА Контроль».

Предлагаемый подход позволяет абитуриенту познакомиться с системой ЧПУ, написать для нее УП при этом избавляет его от необходимости владеть компетенциями, присущими оператору или программисту станка с системой ЧПУ. Разработка осуществляется путем задания размеров отдельных элементов. В процессе разработки можно непосредственно видеть создаваемый контур, что также позволит избежать ошибок. С помощью данной работы предполагается повысить интерес абитуриентов к техническим специальностям, показав им возможности современных систем ЧПУ.

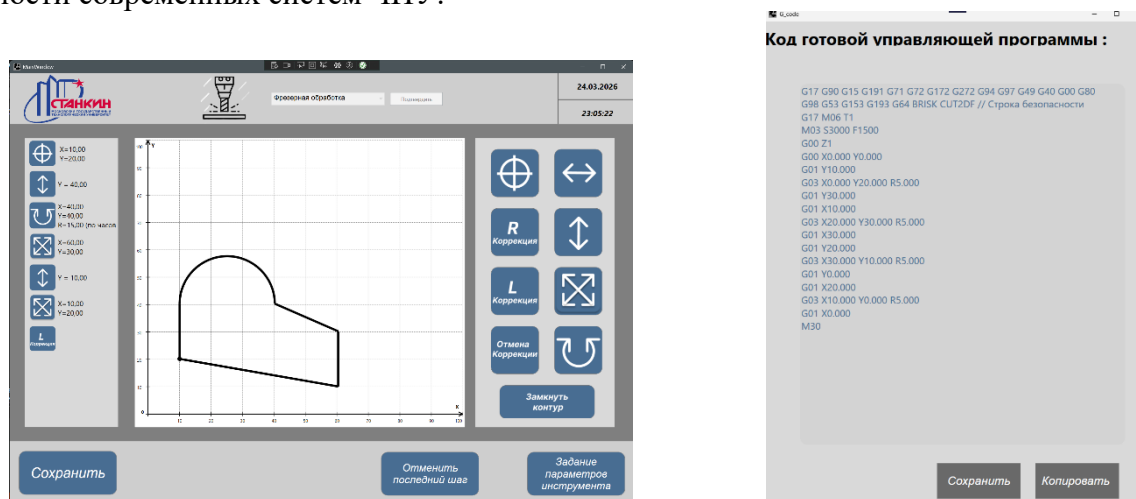


Рис. 1. Результат работы системы визуального программирования

Библиографический список:

1. Сосонкин, В.Л. Системы числового программного управления: Учеб. пособие / В.Л. Сосонкин, Г.М. Мартинов – М. Логос, 2005. – 296 с.
2. Academia-pro [Электронный ресурс]: офиц. сайт// Написание управляющих программ для станков с ЧПУ. –Режим доступа:
<https://akademia-pro.ru/poleznye-statii/napisanie-upravlyayushchikh-programm-dlya-stankov-s-chpu/>

РАЗРАБОТКА ЦИКЛА ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПЛОСКОСТИ С УСТУПАМИ ДЛЯ СЧПУ «АксиОМА Контрол»

Морозов А.С.

Научный руководитель: Евстафиева С.В. – ст. преподаватель

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Фрезерование плоскостей — одна из самых распространенных, но при этом трудоемких операций в машиностроении. При отсутствии в системе ЧПУ специализированных циклов обработка даже простой плоскости требует ручного написания управляющей программы. Это приводит к значительным затратам времени и высокому риску ошибок: достаточно ошибиться в одной координате, и программа потребует сложной отладки.

Ситуация усложняется при наличии или добавления уступов. Ручное программирование в таких условиях становится неэффективным, а объем кода и сложность его контроля резко возрастают.

Разработка цикла фрезерования плоскости для СЧПУ «АксиОМА Контрол» позволит автоматизировать этот процесс. Оператор сможет с помощью графического интерфейса задавать параметры цикла, выбирать стратегию обработки, устанавливать конфигурацию расположения уступов с их шириной и получать сгенерированную функцию цикла фрезерования плоскости [1].

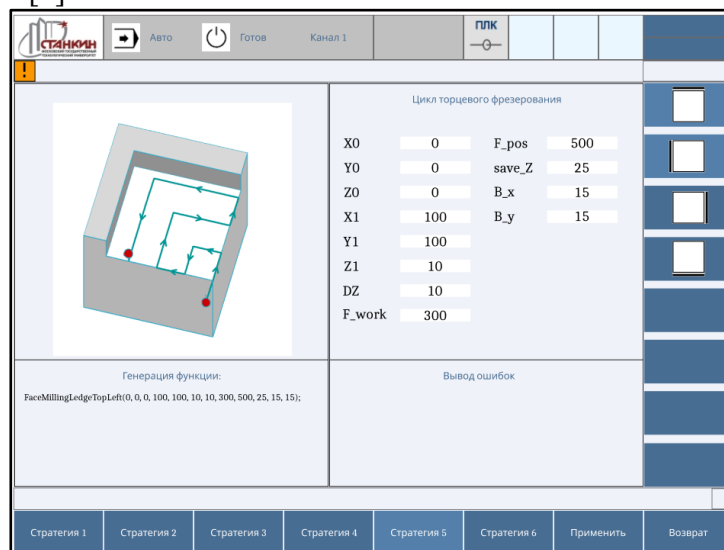


Рис. 1. Макет пользовательского экрана

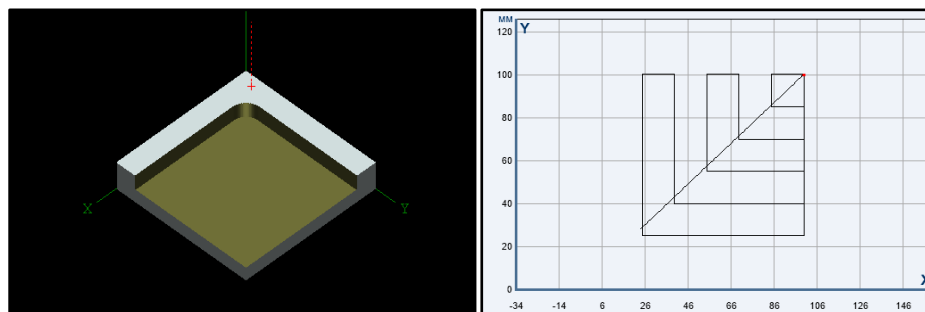


Рис. 2. Результат работы цикла фрезерования для двух уступов

Библиографический список:

1. Система ЧПУ «АксиОМА Контрол» Расширенное программирование [Электронный ресурс]. – Версия 1.0.14. – 2022.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ

Морозов Д.А.

Научный руководитель: Евстафиева С.В. – ст. преподаватель

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

На машиностроительных предприятиях возрастает роль автоматизации и совершенствования процессов обработки деталей на станках с числовым программным управлением. Ключевой момент – написание управляющей программы, которая представляет из себя упорядоченный набор управляющих команд, описывающие перемещения исполнительных органов станка и вспомогательные функции.

На рынке присутствуют различные производители СЧПУ, у каждого производителя в его СЧПУ свой синтаксис и свои команды управления. При написании УП токарной обработки для одной и той же типа детали программист тратит больше времени на разработку, отладки и тестирование, к тому же, увеличивается влияние человеческого фактора.

Для решения поставленной задачи разработана система, где деталь типа тела вращения декомпозируется на типовые поверхности, из этих поверхностей собирается контур и создается УП под выбранную СЧПУ.

На рис. 1 представлена структурная схема, описывающая логику работы программы. В данном подходе программист выбирает поверхности, из которых состоит деталь, задает их параметры и расположение и выбирает для какой СЧПУ необходимо сгенерировать УП.

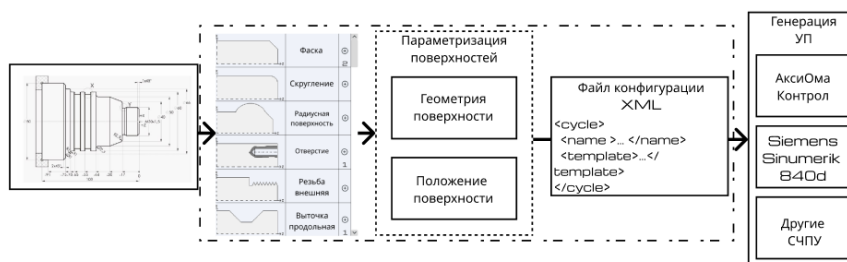


Рис. 1. Структурная схема

Использование данного подхода позволяет снизить требования к квалификации программиста, достаточно выбрать поверхности и ввести параметры, необходимые для обработки этих поверхностей и на выходе получить УП для выбранной СЧПУ (см. рис. 2). Использование XML и абстракций позволяет легко расширить систему для использования других СЧПУ.

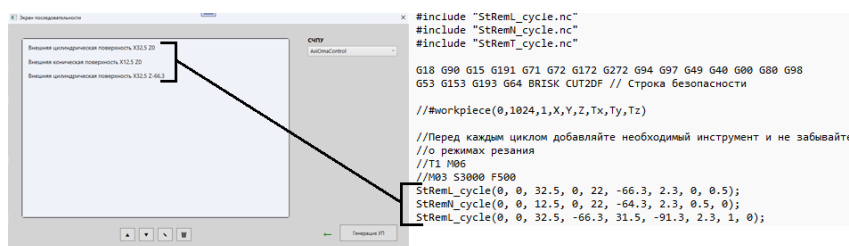


Рис. 2. Сгенерированная УП

Библиографический список:

1. Сосонкин, В.Л. Программирование систем числового программного управления: Учеб. пособие / В.Л. Сосонкин, Г.М. Мартинов – М. Логос, 2008. – 344 с.
2. Система ЧПУ «АксиОМА Контроль» Расширенное программирование (Версия 1.0.14), июль 2022.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОСТРОЕНИЯ СТАНОЧНЫХ ПУЛЬТОВ СЧПУ

Мьо Мин Аунг

Научный руководитель: Пушков Р.Л. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

В условиях стремительного развития машиностроения и цифровых технологий системы ЧПУ играют ключевую роль. Одним из важнейших элементов таких систем является станочный пульт управления, обеспечивающий взаимодействие оператора с оборудованием. Цель работы заключается в разработке методики построения пультов СЧПУ с учётом технических, эргономических и эксплуатационных факторов. В работе выполнен анализ существующих конструкций пультов, их функций и предъявляемых требований.

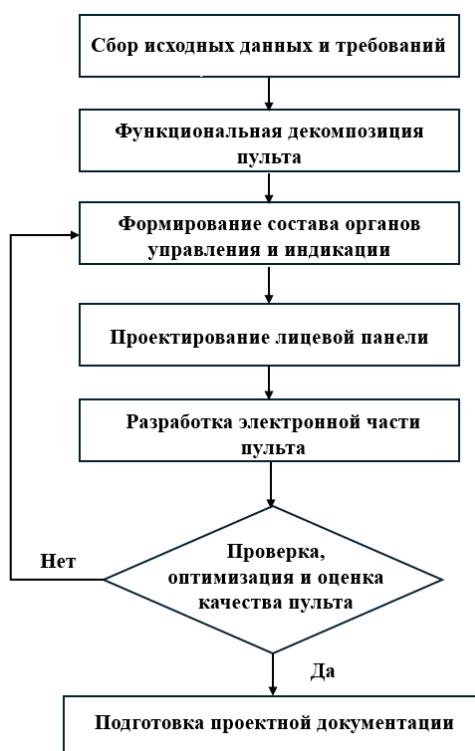


Рис. 1. Основные этапы методики проектирования

Предлагаемая методика основана на принципах модульности, системного подхода и итерационного проектирования. Она включает этапы сбора данных, функциональной декомпозиции и формирования органов управления и индикации. Особое внимание уделяется эргономике, условиям среды и удобству размещения элементов управления. Практическая реализация выполнена в SolidWorks с созданием модели и проверкой сборки. Полученные результаты подтвердили применимость методики для проектирования эргономичных и технологичных станочных пультов СЧПУ.

Библиографический список:

1. Пушков Р.Л., Евстафиева С.В., Лукьянов А.В. Проектирование станочной панели системы ЧПУ с использованием компьютерного моделирования // Материалы конференции. – М.: МГТУ «СТАНКИН», 2014.
2. Система ЧПУ «АксиОМА Контрол» Руководство оператора (Рабочая версия 1.9.10), 2019.

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СМЕНОЙ ИНСТРУМЕНТА НА СТАНКЕ С ЧПУ НА БАЗЕ ПЛК

Наинг Лин Аунг

Научный руководитель: Нежметдинов Р.А. – д.т.н., профессор

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

В работе рассматривается разработка и реализация системы управления автоматической сменой инструмента на станке с ЧПУ на базе программируемого логического контроллера. Актуальность темы обусловлена необходимостью сокращения времени переналадки, повышения точности позиционирования инструмента и роста производительности обработки. В качестве объекта исследования выбрана револьверная головка Baruffaldi TAN 340, широко применяемая в системах автоматической смены инструмента.

Проанализированы существующие системы смены инструмента и показано, что револьверные головки обеспечивают рациональное сочетание компактности, надежности и быстродействия. Для управления процессом смены инструмента обоснован выбор ПЛК, так как он обеспечивает детерминированную работу в реальном времени, удобство реализации последовательной логики и высокую промышленную надежность. В качестве среды программирования выбрана CODESYS, поддерживающая стандарт IEC 61131-3 и позволяющая реализовать алгоритм управления на языке Ladder Diagram.

Разработанный алгоритм включает этапы разблокировки револьверной головки, вращения до требуемой позиции, контроля сигнала положения, последующей блокировки и подтверждения завершения цикла. Предложенная система позволяет автоматизировать выбор инструмента, снизить простой оборудования и повысить стабильность технологического процесса. Полученные результаты подтверждают целесообразность применения ПЛК и CODESYS при построении систем управления автоматической сменой инструмента для современных станков с ЧПУ.

Библиографический список:

1. Groover, M. P. “Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing”. — 4th ed. — London: Pearson, 2015. — 813 p.
2. Baruffaldi S.p.A. “TAN Turrets Technical Catalogue [Электронный ресурс]”. – Режим доступа: <https://www.baruffaldi.it>.
3. Jack, H. “Automating Manufacturing Systems with PLCs”. — Version 5.1, 2008. — 860 p.
4. AKYTEC. “CODESYS V3.5 User Manual”. — 2025. — 41 p.

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЗАХВАТНЫМ МЕХАНИЗМОМ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА

Нахушев А.А.

Научный руководитель: Суханова Н.В. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

В современной промышленности автоматизация процессов захвата и перемещения объектов является одной из актуальных задач снижения влияния человеческого фактора и повышения производительности. В данной работе предложена система управления магнитным захватным устройством промышленного робота-манипулятора, которая основана на применении компьютерного зрения.

Верхний уровень реализован на одноплатном компьютере Raspberry Pi, на котором выполняется распознавание маркеров ArUco и вычисление пространственных координат объекта. Нижний уровень построен на микроконтроллере Arduino, который обеспечивает опрос датчика Холла, цифровую фильтрацию сигнала и управление сервоприводом, который осуществляет переключение магнитной защелки.

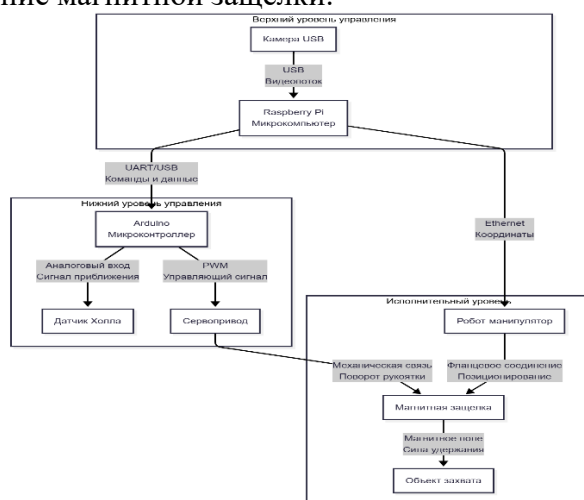


Рис. 1. Структурная схема системы управления магнитным захватным устройством

Разработанные алгоритмы реализованы в среде Visual Studio Code на языках Python и C++. Программная реализация включает в себя модуль распознавания ArUco-маркеров, конечный автомат управления состоянием системы, а также модуль фильтрации сигнала датчика Холла и управления сервоприводов. Преимуществом является отсутствие энергопотребления в режиме удержания объекта за счет использования переключаемой магнитной защелки.

Библиографический список:

1. Никишечкин А. П. Дискретная математика и дискретные системы управления: учебник для вузов / А. П. Никишечкин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 298 с.
2. Козырев Ю.Г. Захватные устройства и инструменты промышленных роботов: учебное пособие / Ю.Г. Козырев. — Москва: КНОРУС, 2025. — 318 с.
3. Молдабаева М. Н. Автоматизация технологических процессов и производств: учебное пособие / М. Н. Молдабаева. — 2-е изд. — Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2024. — 224 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ СТАНЦИИ ОЧИСТКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ВОДЫ ДЛЯ КАПЕЛЬНОГО ПОЛИВА

Нгема Манге Хуан Роналдо Нсуэ

Научный руководитель: Суханова Н.В. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Автоматизация процессов очистки воды имеет критическое значение для обеспечения надежной работы систем капельного орошения в условиях частных и фермерских хозяйств. В моей предыдущей публикации [1] была рассмотрена гибридная система (солнечная, ветровая, гидроэнергия) с управлением по активной мощности. В данной работе я сосредоточил исследование на разработке автоматизированной станции очистки воды из скважины для капельного полива.

Исследуемая автоматизированная система включает погружной насос, станцию механической очистки (решётки, песколовка), мембранный фильтр, накопительную ёмкость, датчики уровня и давления, а также систему управления на базе программируемого логического контроллера (ПЛК). Моя цель — повысить эффективность и надёжность полива за счёт автоматизации процессов фильтрации, контроля засорения оборудования и управления подачей воды.

Предлагаемое управление основано на алгоритмическом контроле ключевых параметров. В разработанной системе измеряются давление до и после фильтра, уровень воды в накопительном баке и влажность почвы. Основные управляющие воздействия формируются по следующим правилам:

- При снижении уровня воды в баке ниже среднего значения автоматически включается погружной насос для наполнения;
- При превышении перепада давления на фильтре запускается цикл обратной промывки;
- Полив активируется при снижении влажности почвы ниже заданного порога или по расписанию.

Новизна работы заключается в разработке комплексного алгоритма автоматизации, объединяющего управление трёхступенчатой очисткой (механическая, мембранная фильтрация) с интеллектуальной системой капельного полива, что не было реализовано в предыдущей публикации.

Предлагаемая система обеспечивает бесперебойную подачу очищенной воды, предотвращает засорение капельниц, оптимизирует использование водных ресурсов и электроэнергии, а также снижает влияние человеческого фактора за счёт автоматического контроля уровня, давления и времени работы оборудования.

Оригинальность данной работы заключается в создании гибкой и масштабируемой системы управления для тепличного хозяйства.

Библиографический список:

1. Ванчиков, В. Ц. Гидромеханика капиллярных насадок установок капельного полива / В. Ц. Ванчиков // Техника в сельском хозяйстве. – 2005. – № 6. – С. 36-37.
2. Ерёмина, Т. В. Современные системы водоснабжения в сельском хозяйстве / Т. В. Ерёмина, А. Л. Гармаев // Вестник ВСГУТУ. – 2014. – № 2(47). – С. 54-57. [citation:3, 10]

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ГИБКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ ПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Ндлову М.

Научный руководитель: Коваленко А.В. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

ГПС представляет собой совокупность оборудования, технологий и методов управления, позволяющих оперативно адаптировать производственные процессы к изменяющимся условиям: новым продуктам, изменениям объемов производства, переналадке оборудования. Особое значение эта концепция приобретает в металлообрабатывающих и машиностроительных отраслях, где широкое применение находят прессовые технологии.

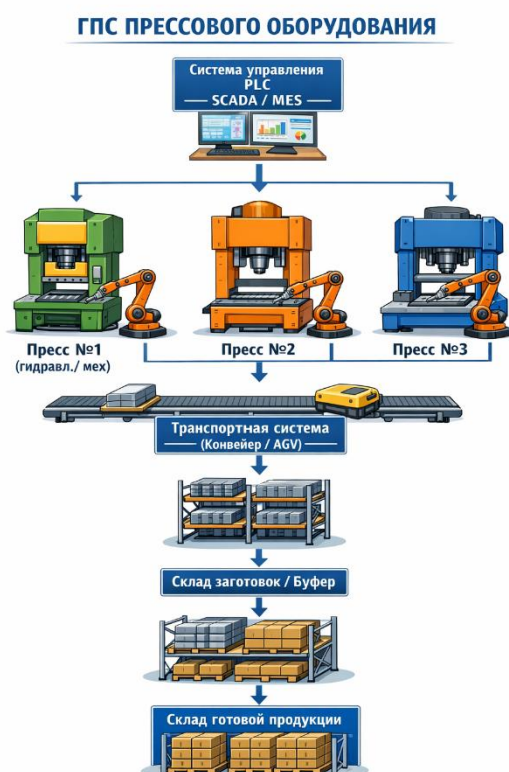


Рис. 1. Гибкая автоматическая линия штамповки с управлением от PLC

Гибкие производственные системы на базе прессового оборудования позволяют значительно повысить производительность и снизить затраты. Современные технологии, такие как IoT, AI и роботизация, открывают новые возможности для автоматизации. Основные направления развития включают интеграцию с цифровыми платформами, повышение точности оборудования и улучшение его экологичности.

Библиографический список:

1. Соломенцев Ю.М., Сосонкин В.Л. «Управление гибкими производственными системами», Москва, Машиностроение.1988г
2. Довбня Н.М., Кондратьев А.Н., Юревич Е.И. Роботизированные технологические комплексы в ГПС

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СИНТЕЗА ИСКУССТВЕННЫХ АЛМАЗОВ

Нигматов О.Р.

Научный руководитель: Никишечкин А.П. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Современная микроэлектроника всё ближе подходит к пределам развития традиционных кремниевых технологий. Многолетнее уменьшение размеров транзисторов, обеспечивавшее рост производительности, сегодня сопровождается серьёзными физическими ограничениями. Среди них — недостаточная теплопроводность кремния, перегрев, рост токов утечки и усиление квантовых эффектов при дальнейшей миниатюризации. В связи с этим всё большее значение приобретают исследования новых материалов, способных обеспечить более высокую энергоэффективность, надёжность и устойчивость работы электронных устройств.

Одним из наиболее перспективных материалов является искусственный алмаз, получаемый методом химического осаждения из газовой фазы (CVD). Метод CVD основан на осаждении углерода из газовой смеси на затравочную алмазную подложку в вакуумной камере. При воздействии микроволновой плазмы молекулы газа распадаются на активные частицы, из которых формируется алмазная плёнка. Однако эффективность такого синтеза напрямую зависит от стабильности технологических параметров: температуры, давления, состава газовой среды, мощности плазмы и длительности цикла.

Именно поэтому ключевым направлением работы стала разработка автоматизированной системы управления процессом синтеза искусственных алмазов. Такая система должна координировать работу основных узлов установки: вакуумной системы, системы охлаждения, подачи газов, насосов, клапанов и магнетрона, формирующего плазму. Автоматизация обеспечивает последовательный запуск оборудования, поддержание заданных режимов, непрерывный контроль состояния установки и оперативную реакцию на аварийные ситуации. Применение датчиков и алгоритмов обратной связи позволяет в реальном времени корректировать параметры процесса, снижая вероятность дефектов и повышая однородность материала. Для программной реализации системы выбран отечественно-ориентированный подход с использованием среды CODESYS и программируемого логического контроллера. Такой подход позволяет сократить долю ручного управления, повысить стабильность многочасовых и многосуточных циклов синтеза и создать основу для дальнейшего масштабирования технологии.

Предварительные результаты показывают, что автоматизация процесса CVD-синтеза способствует улучшению качества искусственных алмазов и стабильности их микроструктуры. Это подтверждает перспективность перехода от кремния к алмазным материалам в ряде высокотехнологичных направлений. В дальнейшем совершенствование автоматизированной системы управления может стать важным этапом внедрения искусственных алмазов в промышленное производство современной электроники.

Библиографический список:

1. Хмельницкий Р.А., Талипов Н.Х., Чучева Г.В. Синтетический алмаз для электроники и оптики / Хмельницкий Р.А. - М. Издательство ИКАР, 2017. - 228 стр.

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КРОССПЛАТФОРМЕННОГО ИНТЕРФЕЙСА ОСЦИЛЛОСКОПА ДЛЯ СИСТЕМЫ ЧПУ

Орлов М.П.

Научный руководитель: Пушков Р.Л. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Диагностическая задача в системе ЧПУ является важной частью, которая поддерживает надежность и точность работы станочного оборудования. Одним из наиболее эффективных средств диагностики является осциллограф, визуализирующий сигналы, которые поступают от системы ЧПУ. Анализ таких сигналов позволяет выявить отклонения в работе приводов, ошибки синхронизации и другие неисправности.

В настоящее время особенно важно, чтобы диагностическое программное обеспечение было кроссплатформенным и обеспечивало стабильную работу на различных операционных системах, сохраняя при этом высокую производительность.

Программный осциллограф представляет собой инструмент визуализации сигналов, реализованный средствами программирования. При разработке кроссплатформенного интерфейса используется фреймворк AvaloniaUI, который позволяет создавать приложение с использованием паттерна проектирования MVVM (Model-View-ViewModel) и имеет широкую поддержку библиотек.

Основной задачей интерфейса является отображение большого количества сигналов в реальном времени, а также из сохраненных записей. Однако при увеличении числа точек и сигналов возникает существенная проблема – снижение производительности отрисовки, что делает невозможным анализ графиков. Для исключения данных проблем необходимо использовать следующие решения: многопоточное программирование; ограничение максимального количества точек для отрисовки (создание интервала отображаемых данных); создание отдельных координатных плоскостей для каждого сигнала.

Многопоточное программирование важно использовать не только при вызове функции отрисовки сигналов, но также и при обработке поступаемых данных в понятный для программы вид. Это позволит сократить время на обработку новых и ранее записанных графиков.

Создание отдельных координатных плоскостей под каждый сигнал повысит скорость отрисовки сигналов, но при этом возрастет использование оперативной памяти. При использовании данного метода и многопоточного программирования важно оценивать вычислительную мощность используемого персонального компьютера, чтобы не создавать сильной нагрузки на систему.

Таким образом, используя данные решения можно получить высокопроизводительный кроссплатформенный интерфейс осциллоскопа, что позволит более эффективно его использовать, особенно при получении данных в реальном времени.

Библиографический список:

1. AvaloniaUI. Электронная документация по фреймворку AvaloniaUI [Электронный ресурс]: <https://docs.avaloniaui.net/>
2. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Системы числового программного управления: Учеб. пособие. – М. Логос, 2005. – 296 с. ISBN 5-98704-012-4.
3. Многопоточность. Введение в многопоточность [Электронный ресурс]: <https://metanit.com/sharp/tutorial/11.1.php>

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПОСТРОЕНИЯ ВСТРАИВАЕМЫХ ИНТЕРФЕЙСНЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ КОНФИГУРИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА СИСТЕМ ЧПУ

Петровичева А.С.

Научный руководитель: Пушков Р.Л. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

В ходе работы была разработана комплексная методика построения встраиваемых интерфейсных модулей для конфигурирования мониторинга параметров системы ЧПУ. Разработанная архитектура позволяет адаптировать устройство под различные типы станков без перепрошивки.

Таблица 1.

Минимально необходимый набор параметров и функций по уровням критичности

№ критерия	Уровень критичности	Кол-во функций	Ключевые функции
1	Безопасность	3	- Machine_ON - E-Stop_RESET - Alarm Ack
2	Базовое управление	12	- Режимы (AUTO/MDI/JOG) - Jog по X/Y/Z
3	Конфигурация	8	Смещения G54.X/Y/Z
4	Мониторинг	5	Текущие координаты

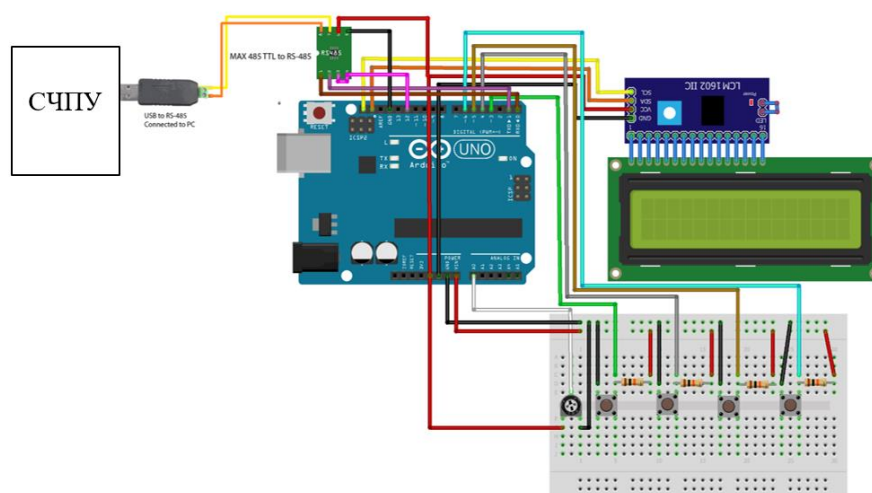


Рис. 1. Схема установки

Библиографический список:

1. Последовательная связь по протоколу RS485 между Arduino Uno и Arduino Nano [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://microkontroller.ru/arduino-projects/posledovatel'naya-svyaz-po-protokolu-rs485-mezhdu-arduino-uno-i-arduino-nano/> – Дата доступа: 20.02.2026.
2. ГОСТ 33817–2016. Системы числового программного управления станками. Общие технические условия. — Введ. 2017–07–01. — М.: Стандартинформ, 2016. — 32 с. – Дата доступа: 20.02.2026.

АНАЛИЗ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ СИСТЕМЕ.

Пивкин А.Е.

Научный руководитель: Нежметдинова Р.А. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Современное машиностроение основано на использовании станков с ЧПУ, эффективная работа которых требует постоянного мониторинга параметров технологического процесса.

Ключевыми параметрами, подлежащими мониторингу при механической обработке, являются частота вращения шпинделя и другие. Контроль данных параметров в режиме реального времени позволяет повысить стабильность технологического процесса, обеспечить требуемое качество обработки и снизить эксплуатационные затраты

В настоящее время применяются различные подходы к мониторингу технологических процессов, включая SCADA-системы, IoT-платформы и веб-ориентированные решения. Их сравнительный анализ представлен в таблице 1.

Таблица 1.

Сравнительная характеристика решений для мониторинга технологических процессов

Критерий сравнения	SCADA-системы	IoT-платформы	Веб-ориентированные системы	Разрабатываемая система веб-мониторинга
Архитектура	Централизованная	Распределённая, облачная	Клиент–серверная	Клиент–серверная с возможностью масштабирования
Визуализация	Специализированные HMI	Веб-панели и BI-инструменты	Веб-интерфейс	Веб-интерфейс, адаптированный под задачи ЧПУ
Удалённый доступ	Ограничен	Поддерживается	Поддерживается	Полноценный удалённый доступ через браузер
Стоимость внедрения	Высокая	Высокая	Средняя	Снижена за счёт использования веб-технологий
Гибкость и расширяемость	Низкая	Высокая	Высокая	Высокая

На основе проведённого анализа сформулированы требования к системе веб-мониторинга, включающие обеспечение сбора, отображения и визуализации параметров технологического процесса в режиме реального времени, а также хранение и анализ исторических данных. Веб-интерфейс должен поддерживать удалённый доступ, обладать высокой производительностью, масштабируемостью и возможностью интеграции с источниками данных, включая контроллеры и датчики оборудования.

Таким образом, разработка веб-интерфейса мониторинга параметров технологического процесса является актуальной задачей, направленной на повышение эффективности эксплуатации оборудования, улучшение качества продукции и снижение рисков возникновения аварийных ситуаций в машиностроительном производстве.

Библиографический список:

1. Мониторинг промышленного оборудования: как он работает и какие выгоды дает при внедрении [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cloud.vk.com/blog/monitoring-promyshlennogo-oborudovaniya/>
2. SCADA-системы: назначение, задачи, структура, особенности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://blog.simplight.ru/scada-sistemy-naznachenie-zadachi-struktura-osobennosti/>
3. Предиктивное обслуживание — прогнозирование отказов и внедрение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://inner.su/articles/prognoznnoe-obsluzhivanie-eto/>

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ

Робсон М.Д.

Научный руководитель: Коваленко А.В. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Химическое осаждение из газовой фазы (CVD) является одним из перспективных методов получения функциональных покрытий, широко применяемых в машиностроении, электронике и аэрокосмической отрасли. Для подготовки специалистов в области автоматизации технологических процессов актуальным является создание лабораторных установок, позволяющих на практике изучать особенности управления сложными технологическими процессами.

Целью работы является разработка системы автоматизации лабораторной установки химического осаждения из газовой фазы на базе программируемого логического контроллера (ПЛК) и SCADA-системы, обеспечивающей контроль и регулирование температуры, расхода реагентов и давления в реакционной камере.



Рис. 1. Установки химического газофазного осаждения CVD

Предложенное решение позволяет проводить эксперименты в широком диапазоне технологических режимов, обеспечивает визуализацию параметров процесса, архивирование данных и возможность оперативной перенастройки системы под различные типы осаждаемых покрытий (никель-фосфорные, композитные и др.). Разработанная автоматизированная установка способствует формированию практических навыков у обучающихся и может быть использована как в учебном процессе, так и при выполнении научно-исследовательских работ.

Библиографический список:

1. Суджанер И., Лянь Дж., Ша В. Никелевые покрытия, сплавы, композиты и нанопокрyтия, полученные методом химического осаждения – критический обзор // J Alloys Compd. 2013. Т. 571. С. 183–204.
2. Мартинов Г.М., Мартинова Л.И., Пушков Р.Л. Автоматизация технологических процессов в машиностроении. Учебное пособие. – М.: МГТУ «Станкин», 2011. – 200 с.

МОДУЛЬ СОПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ СУДОВ И НЕФТЯНЫХ РАЗЛИВОВ

Сахневич А.С.

Научный руководитель: Ковалев И.А. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Данная работа посвящена разработке модуля сопряжения для системы автоматического обнаружения судов и нефтяных разливов. Предлагаемое решение обеспечивает передачу результатов аналитической обработки в SCADA-систему предприятия по протоколу OPC UA для последующего отображения инцидентов и поддержки оперативного реагирования.

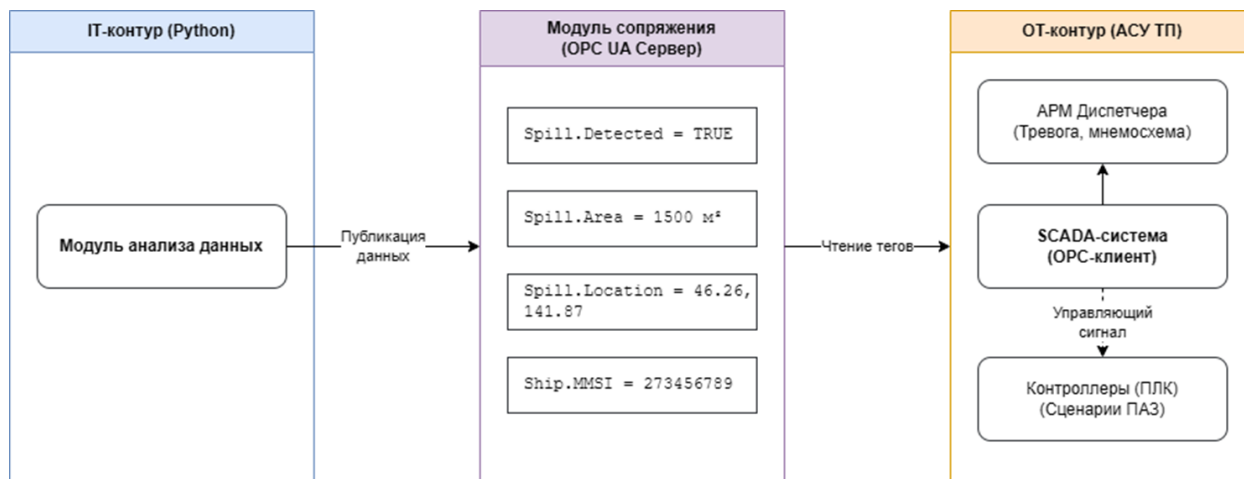


Рис. 1. Схема передачи данных между аналитическим ИТ-контуром и системой АСУ ТП

Для того чтобы результаты работы аналитики могли эффективно использоваться для оперативного реагирования на возникающие инциденты, был специально разработан программный модуль сопряжения. Технически данный модуль представляет собой OPC UA сервер, написанный на языке программирования Python.

Процесс передачи информации выстроен следующим образом: как только система анализа фиксирует появление разлива, полученные данные мгновенно публикуются на сервере в формате стандартных промышленных тегов. В их число передаются такие ключевые параметры, как точные координаты события, площадь образовавшегося пятна, а также идентификатор обнаруженного судна.

В свою очередь, SCADA-система предприятия, выступающая в роли клиента, осуществляет автоматическое считывание значений этих тегов. Подобная интеграция позволяет оперативно вывести соответствующее тревожное сообщение непосредственно на пульт диспетчера АСУ ТП и наглядно отобразить инцидент на технологической мнемосхеме. Более того, наличие актуальных данных дает возможность системе автоматически инициировать заранее заданные сценарии противоаварийной защиты - например, произвести экстренное закрытие водозаборов. [1]

Библиографический список:

1. Просто о стандартах OPC DA и OPC UA // IPC2U: [сайт]. — URL: <https://ipc2u.ru/articles/prostye-resheniya/prosto-o-standartakh-opc-da-i-opc-ua/> (дата обращения: 10.03.2026). — Текст: электронный.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ В ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ

Сидибе Боурама Адама

Научный руководитель: Суханова Н.В. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Представлен переход автономной солнечной станции от однофазной к трёхфазной архитектуре с управлением на основе активной мощности. Алгоритм динамического распределения мощности повышает стабильность напряжения, снижает потери и улучшает адаптацию к промышленным нагрузкам.

Работа посвящена модернизации автономной фотоэлектрической станции с переходом к трёхфазной архитектуре.

Система включает фотоэлектрические модули, контроллер МРРТ, аккумуляторную батарею, трёхфазный инвертор и блок управления.

Мощность фотоэлектрического поля:

$$P_{pv} = \eta SE$$

где η – КПД модуля, S – суммарная площадь панелей, E – плотность солнечной радиации.

Активная мощность в сбалансированной трёхфазной системе:

$$P = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi$$

Алгоритм: при избытке – заряд АКБ, при дефиците – разряд, при низком заряде – отключение неприоритетных нагрузок.

Трёхфазная архитектура обеспечивает более высокую стабильность напряжения, равномерное распределение нагрузки, снижение потерь и лучшую адаптацию к промышленным нагрузкам. Новизна – в адаптации алгоритма управления по активной мощности к трёхфазной системе.

Библиографический список:

1. Сидибе Б.А. Автоматизация процессов в возобновляемых источниках энергии. 2025. (предыдущая публикация)
2. Арутюнян В.М., Григорьев А.И. Автоматизация и управление в возобновляемой энергетике. Москва, Наука, 2015.
3. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148121000935>

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ С ФУНКЦИЕЙ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ

Сидоров А.В.

Научный руководитель: Ковалев И.А. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Данная работа посвящена разработке интеллектуальной системы мониторинга технологических параметров с функцией обнаружения аномалий. Предлагаемое решение направлено на обеспечение непрерывного контроля параметров производственных процессов, повышение надежности оборудования и своевременное выявление отклонений, способных привести к аварийным ситуациям или снижению качества продукции.

Для реализации системы используется современный стек технологий, включающий Node-RED для организации потоковой обработки данных, InfluxDB для хранения временных рядов, Python для реализации алгоритмов анализа и обнаружения аномалий, а также Grafana для визуализации и мониторинга показателей в реальном времени.

Функционирование системы организовано следующим образом: датчики, установленные на технологическом оборудовании, осуществляют непрерывный сбор параметров (температура, давление, влажность и др.). Полученные данные передаются в систему Node-RED, где выполняется их предварительная обработка, нормализация и маршрутизация.

Далее данные сохраняются в базе данных InfluxDB, оптимизированной для работы с временными рядами, что обеспечивает эффективное хранение и быстрый доступ к исторической информации. На основе накопленных данных в среде Python реализуются алгоритмы обнаружения аномалий, включая статистические методы и методы машинного обучения, позволяющие выявлять отклонения от нормального поведения системы.

При обнаружении аномалий система автоматически формирует события, на основе которых организуются уведомления, интеграция с внешними системами и запуск сценариев реагирования. Визуализация текущих и исторических данных осуществляется в Grafana, где оператору предоставляется удобный интерфейс в виде дашбордов, графиков и оповещений.

Разработанная система обеспечивает высокий уровень автоматизации мониторинга, позволяет оперативно выявлять потенциальные неисправности и снижает влияние человеческого фактора. Применение интеллектуальных методов анализа данных делает систему особенно эффективной в условиях сложных технологических процессов, характерных для промышленности, энергетики и высокотехнологичных производств.

Библиографический список:

1. Node-RED Documentation: [сайт]. — URL: <https://nodered.org/docs/> (дата обращения: 30.03.2026). — Текст: электронный.
2. InfluxDB Documentation: [сайт]. — URL: <https://docs.influxdata.com/> (дата обращения: 30.03.2026). — Текст: электронный.
3. Grafana Documentation: [сайт]. — URL: <https://grafana.com/docs/> (дата обращения: 30.03.2026). — Текст: электронный.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕРМИНАЛОВ УДАЛЁННОГО МОНИТОРИНГА ПЛК ПО ПРОТОКОЛУ OPC UA

Синельников М.С.

Научный руководитель: Мартинов Г.М. – д.т.н., профессор

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Данная работа представляется в виде комплексного решения для создания современной системы удаленного мониторинга промышленного оборудования. Исследование охватывает не только теоретические основы промышленной автоматизации, но и практические нюансы разработки специализированного терминала доступа.

Особый акцент был сделан на анализе подходов к разработке терминалов удалённого мониторинга ПЛК. В качестве протокола промышленной связи был выбран OPC UA. [3].

На практике были проведены наблюдения в плане эффективности платформы CODESYS Development System для построения распределенных систем мониторинга [2]. Ее главное преимущество - возможность интеграции оборудования разных производителей в единую систему, что особенно ценно для промышленных предприятий.

Ключевыми компонентами системы являются:

- UAExpert - специализированный клиент OPC UA. Программа предназначена для тестирования и отладки OPC UA серверов, позволяя подключаться к ним, просматривать доступные узлы, отслеживать изменения значений в реальном времени и выполнять диагностику связи [4];
- Node-RED - удобный инструмент для визуального программирования потоков данных в IoT-системах [1]. Его drag-and-drop интерфейс значительно упрощает подключение к OPC UA-серверу и настройку взаимодействия с промышленным оборудованием.

Разработанное решение имеет модульную архитектуру на базе CODESYS, UAExpert и Node-RED, что дает несколько важных преимуществ:

- Систему можно легко адаптировать под специфику разных отраслей промышленности;
- Обеспечивается высокая надежность и безопасность работы;
- Упрощается процесс настройки и масштабирования системы.

Проведенные испытания подтвердили, что система полностью соответствует строгим требованиям промышленной автоматизации по всем ключевым параметрам: надежности, безопасности и производительности.

Библиографический список:

1. Nick O'Leary, Dave Conway-Jones / Nick O'Leary, Dave Conway-Jones [Электронный ресурс] // Node-RED: [сайт]. — URL: <https://nodered.org/>
2. CODESYS Group / [Электронный ресурс] // CODESYS: [сайт]. — URL: <https://www.codesys.com/>
3. Unified Architecture – Landingpage / [Электронный ресурс] // OPCfoundation: [сайт]. — URL: <https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/>
4. Unified Automation. UA Expert – OPC UA Client [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.unified-automation.com/products/development-tools/uaexpert.html/>

РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ НА ОСНОВЕ ВЕКТОРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Слесарев А.О.

Научный руководитель: Соколов С.В. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Разработка управляющих программ – важное направление деятельности для программиста станков с ЧПУ. Однако, поскольку при обработке деталей сложной формы код управляющей программы может иметь большой объем, написание его вручную будет занимать много времени. Затраты на написание кода можно значительно сократить при помощи дополнительных инструментов и утилит, позволяющих быстро генерировать код УП на основе вводимых данных об обрабатываемом кармане.

Разрабатываемая утилита представляет собой генератор кода управляющих программ для системы числового программного управления «АксиОМА Контрол», принимающий, в качестве входных данных, векторное изображение контура в формате «SVG». Предполагается, что пользователь сможет задать форму и размеры контура в любом удобном для него редакторе векторной графики.

Выбор формата векторной графики «SVG» обусловлен тем, что:

1. SVG является текстовым форматом, что значительно упрощает и расширяет возможности по его чтению и извлечению необходимых данных о геометрии обрабатываемого контура для разрабатываемой программы;

2. SVG является открытым форматом и документация, позволяющая создавать и считывать файлы SVG находится в открытом доступе. Также формат SVG поддерживается большинством специализированного программного обеспечения, позволяющего создавать и редактировать файлы в формате векторной графики, включая САД-системы, благодаря чему пользователь сможет выбрать наиболее удобный для него способ описания обрабатываемого контура [1].

Для разработки программы использована платформа разработки «Windows Forms», позволяющая создавать оконные приложения с пользовательским интерфейсом для ОС «Windows». Приложения на данной платформе состояются из типовых элементов управления, к которым в дальнейшем программист привязывает необходимые действия. В качестве основного языка программирования выбран универсальный кроссплатформенный объектно-ориентированный язык C#, поддерживаемый экосистемой Windows.

При разработке алгоритма генерации кода управляющей программы необходимо понимать, из каких элементов состоят фрагменты изображений в формате векторной графики «SVG» и каким образом их можно обрабатывать при помощи языка ISO-7bit:

1. Элементы «Линия», «Вертикальная линия» и «Горизонтальная линия» могут обрабатываться при помощи команд линейной интерполяции, «G01»;

2. Элементы «Дуга окружности» и «Дуга эллипса» можно обрабатывать при помощи команд сплайновой интерполяции, поддерживаемых СЧПУ «АксиОМА Контрол» [2], либо при помощи аппроксимации прямыми.

3. Элементы «Кривая Безье» [3] также могут обрабатываться при помощи команд сплайновой интерполяции.

Библиографический список:

1. SVG [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/SVG> (дата обращения: 14.03.2026)
2. Система ЧПУ «АксиОМА Контрол» Руководство программиста по созданию управляющих программ (Рабочая версия 6.7.014), апрель 2022.
3. SVG Path Data – Code Examples [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://docs.aspose.com/svg/net/drawing-basics/svg-path-data/> (дата обращения: 14.03.2026)

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАРИЯ УПРАВЛЕНИЯ МАШИННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ СЧПУ

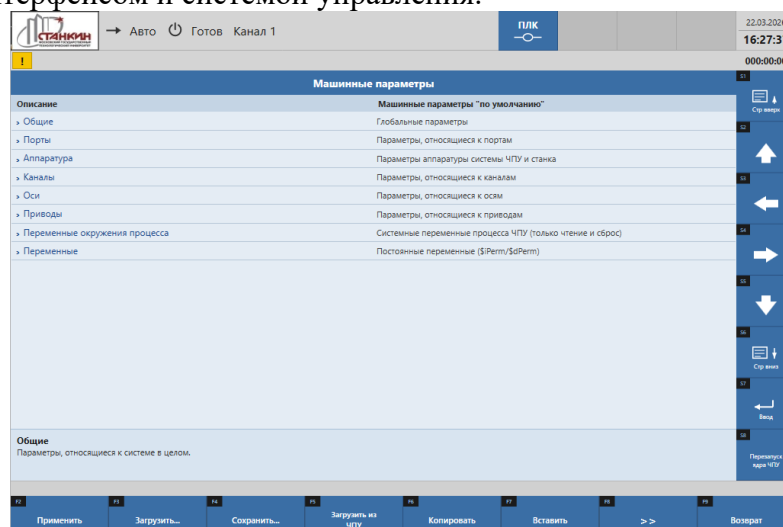
Солдатов А.Ю.

Научный руководитель: Пушков Р.Л. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Машинные параметры в системах числового программного управления определяют точность обработки, устойчивость работы оборудования, ресурс его узлов и безопасность технологического процесса. Эффективность их использования во многом зависит от удобства представления, редактирования, проверки и передачи данных в систему управления. В СЧПУ «АксиОМА Контрол» машинные параметры организованы в виде иерархической структуры, что обеспечивает высокую степень настраиваемости, однако затрудняет поиск, изменение и валидацию параметров.

В рамках работы реализован интерфейс с табличным представлением машинных параметров, обеспечивающий загрузку данных из базы. Встроенная валидация параметров, основанная на строгой типизации, CHECK-ограничениях и триггерах SQLite. При обновлении конфигурации используется snapshot-подход, при котором новые данные записываются во временную копию базы, проходят проверку и переносятся в рабочую конфигурацию, что исключает повреждение действующих. Кроме того, реализована передача данных из таблиц базы в ядро СЧПУ «АксиОМА Контрол». Проведённое тестирование подтвердило возможность практического применения разработанного решения как средства редактирования, проверки и безопасной передачи машинных параметров между пользовательским интерфейсом и системой управления.



**Рис. 1. Интерфейс с табличным представлением машинных параметров в СЧПУ
«АксиОМА Контрол»**

Таким образом, разработанный инструментариий обеспечивает структурированное хранение, редактирование, валидацию машинных параметров СЧПУ. Практическая значимость работы заключается в повышении надёжности конфигурирования системы, снижении вероятности ошибок при изменении параметров.

Библиографический список:

1. Система ЧПУ «АксиОМА Контрол» Руководство по вводу в эксплуатацию (Рабочая версия 1.1.04), 2020;
2. Сайт SQLite [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://sqlite.org>, свободный – Загл. с экрана.

РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ БИБЛИОТЕК ИЗДЕЛИЙ АВИАСТРОЕНИЯ В T-FLEX CAD

Степаненко К.В.

Научный руководитель: Фокин Н.Н. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Создание библиотечного элемента можно представить в виде функционального блока, основанного на принципах обработки входных, внутренних и выходных данных. Такой подход обеспечивает системный и модульный характер построения библиотеки, что особенно важно при разработке типовых компонентов. Структурная модель библиотечного элемента включает: входные данные, внутренние данные и выходные данные.

Алгоритм построения библиотеки стандартных элементов для изделий авиастроения в T-FLEX CAD представлен в виде четко структурированной последовательности этапов, включающей:

1. создание баз данных и управляющих переменных;
2. построение 2D и 3D моделей с применением параметризации;
3. проектирование пользовательского интерфейса для удобной настройки параметров;
4. интеграцию модели в процесс автоматизированного формирования проектной документации (спецификации, состав изделия и др.).

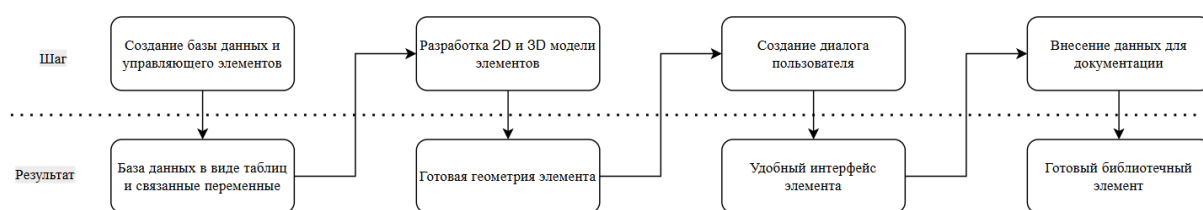


Рис. 1. Алгоритм создания библиотечного элемента

Гибкая архитектура параметрических зависимостей позволяет адаптировать геометрию и свойства деталей под разные стандарты и материалы, не создавая отдельные файлы. Концепция "один файл – множество стандартов" сокращает объемы данных и упрощает эксплуатацию.

Библиографический список:

1. T-FLEX CAD Уроки / 3D моделирование, чертежи по ЕСКД, параметрическое моделирование // T-FLEX CAD URL: <https://www.tflexcad.ru/training/video/> (дата обращения: 22.03.2026).
2. Справка по T-FLEX CAD 17 // T-FLEX CAD URL: <https://www.tflexcad.ru/help/cad/17/> (дата обращения: 23.03.2026).

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ВАКУУМНОГО ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ

Сухомлинов Д.А.

Научный руководитель: Никишечкин А.П. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

VPS или вакуум-плазменное напыление является одним из наиболее технологичных процессов газотермического нанесения покрытий. Отличительной особенностью данного процесса является низкое содержание кислорода в рабочей среде по сравнению с атмосферными методами.

Одним из ключевых параметров процесса выступает давление в камере, воздействующее на длину струи плазмы, что напрямую влияет на качество проведения технологических этапов напыления. Поддержка давления обеспечивается насосом и регулируемой заслонкой. Ввиду постоянного напуска аргона со стороны плазматрона полное отсечение насоса в процессе работы невозможно в виду возникновения вакуума в области отделения насоса и появления дополнительного газа в камере. Также на состояние атмосферы в камере влияет внешнее натекание воздуха. Данный процесс сложно детектируем и негативно сказывается на качестве напыления.

Были проведены тесты реакции системы на ступенчатое воздействие на регулируемую заслонку в условиях изменения расхода подаваемого в камеру газа. От нулевого расхода до 100 л в минуту. По полученным данным сформированы тестовые передаточные функции системы и проведена симуляция ПИД-регулятора, в ходе которой были получены стартовые значения коэффициентов, которые также были дополнительно настроены вручную на основе эмпирических данных.

Однако наблюдалась нестабильная реакция системы на подачу газа. Повторные тесты также показывали, что полученный регулятор не обеспечивает постоянство характеристик и требует дополнительной настройки в процессе постоянной работы установки ввиду износа и загрязнений.

Ввиду описанных выше недостатков требовалось подобрать новый тип регулятора для качественного управления давлением. Из-за сложностей процесса и требования к приспособлению к новым условиям наиболее подходящей стратегией стало адаптивное управление на основе ПИД-нейроконтроллера с самонастройкой.

Была разработана нейронная сеть для подбора коэффициентов, коммутирующая с ПЛК по протоколу OPC UA, и обучающаяся по методике с подкреплением. На основе экспериментальных данных были получены математические модели основных узлов установки, на которых сеть была обучена и протестирована. Полученный регулятор улучшает поведение системы и позволяет ей адаптироваться к дрейфу, вызванному ухудшением среды.

Библиографический список:

1. Никишечкин А.П., Никишечкин П.А. Нейронные сети и нейроуправление. - Москва: ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», 2023. - 270 с.
2. Денисенко В. ПИД-регуляторы: вопросы реализации [Текст] / Денисенко В. // СТА. — 2008. — № 1. — С. 86-99

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ ИМПОРТА ДАННЫХ ЧЕРТЕЖА ДЛЯ СЧПУ «АКСИОМА КОНТРОЛ»

Тараканов А.А.

Научный руководитель: Евстафиева С.В. – ст. преподаватель

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

При подготовке управляющих программ для СЧПУ наибольшие трудности возникают при описании сложных контуров, фасок, сопряжений и отверстий, особенно если их координаты заданы по дуге или окружности. При ручном написании G-кода это требует большого числа команд, точного задания направлений, радиусов и координат, из-за чего возрастает время подготовки программы и вероятность ошибок. [1].

Для решения данной задачи разработана подсистема импорта данных чертежа для СЧПУ «АксиОМА Контрол». Она загружает DXF- и STL-файлы, распознаёт геометрические элементы, отображает их в 2D и 3D, позволяет выбрать рабочие контуры, задать точку отсчёта и подготовить параметры обработки. На основе этих данных формируется G-код не только для базовых операций, но и для фрезерования, включая обработку карманов и контуров с внутренними элементами [2].

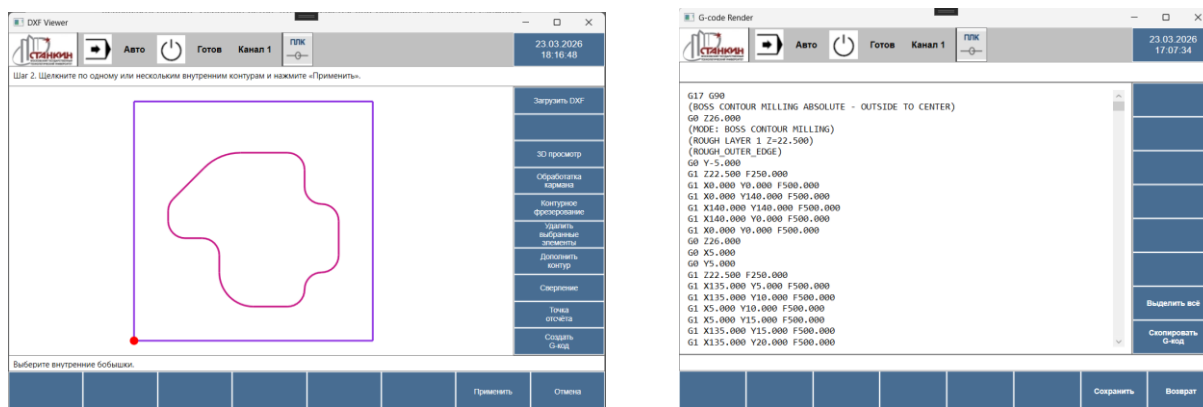


Рис. 1. Результат работы подсистемы импорта данных чертежа

Использование разработанной подсистемы позволяет сократить объём ручной подготовки, снизить вероятность ошибок и упростить переход от чертежа к этапу обработки. В результате пользователь получает единый рабочий процесс — от импорта геометрии до формирования управляющей программы, что повышает удобство работы с системой и расширяет функциональные возможности «АксиОМА Контрол».

Библиографический список:

1. Autodesk [Электронный ресурс]: офиц. сайт// AutoCAD DXF file format documentation – Режим доступа:
https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/developer-network/platform-technologies/autocad-dxf-archive/acad_r12_dxf.pdf
2. Сосонкин, В.Л. Системы числового программного управления: Учеб. пособие / В.Л. Сосонкин, Г.М. Мартинов – М. Логос, 2005. – 296 с.

НАГРУЗОЧНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЛИНЕЙКИ ПТК КОМЕГА

Тимофеев Д.К.

Научный руководитель: Ковалев И.А. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Данная работа посвящена описанию нагрузочного тестирования оборудования на основе отечественной линейки программно-технического комплекса (далее ПТК) «КОМЕГА». Основной целью является обеспечение комплексной проверки работоспособности контроллеров и модулей расширения за счёт применения испытательного стенда, управляющих программ, оборудования, чтобы создать работу стенда в условиях, приближённых к реальной эксплуатации.

Весь цикл тестирования включает в себя пять этапов, рисунок 1, которые в совокупности обеспечивают полный цикл испытаний: от первичной проверки и настройки оборудования до анализа его функционирования под нагрузкой и оценки устойчивости. Такой подход позволяет выявить потенциальные отклонения в работе системы, оценить влияние внешних факторов и подтвердить надёжность оборудования при различных режимах эксплуатации.

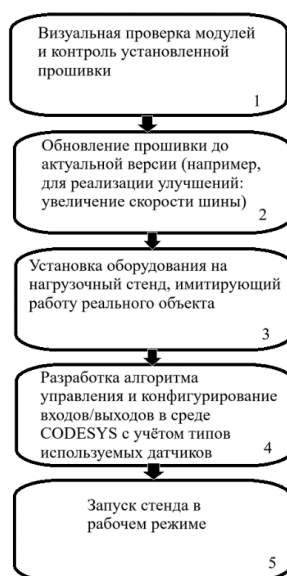


Рис. 1. Этапы выполнения работ

Ключевой особенностью нагрузочного тестирования, является то, что система функционирует как замкнутый контур управления, реагирующий на изменения параметров и нагрузок. В процессе тестирования задаются различные режимы работы, конфигурируются входные и выходные сигналы в среде CODESYS в соответствии с принципиальными электрическими схемами, а также имитируется работа подключаемых датчиков различных типов.

Изменение параметров алгоритмов управления, включая настройки регуляторов, приводит к изменению отклика системы, что позволяет оценить её устойчивость, быстродействие и корректность функционирования.

Библиографический список:

1. Мунистер В.Д. Визуальное программирование (FBD) для микропроцессорных систем и IoT. — М.: Горячая линия – Телеком, 2021. — 304 с.: ил.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАМНОЙ УТИЛИТЫ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СТАНКА С ЧПУ

Третьяков А.А.

Научный руководитель: Соколов С.В. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Для обеспечения стабильной и корректной работы станков с ЧПУ зачастую требуется постоянный контроль и корректировка параметров их функционирования, так как выход параметров за допустимые пределы не только влияет на качество готовой продукции, а также на частоту и сложность отказов.

Разработанная программная утилита позволяет, проводя периодические тестовые программы на станке и собирая с помощью внутренних измерительных средств станка данные о его функционировании в ходе данных программ, проводить обработку полученных данных. Внутри утилиты информация преобразуется в конкретные числовые показатели, сохраняемые в базе данных. На основе накопленных данных утилита позволяет строить графические зависимости характеристик, что даёт пользователю возможность анализировать динамику изменений необходимых параметров и наблюдать направление тренда характеристик, что позволит на основании этого принимать решения по устранению возможных отклонений.

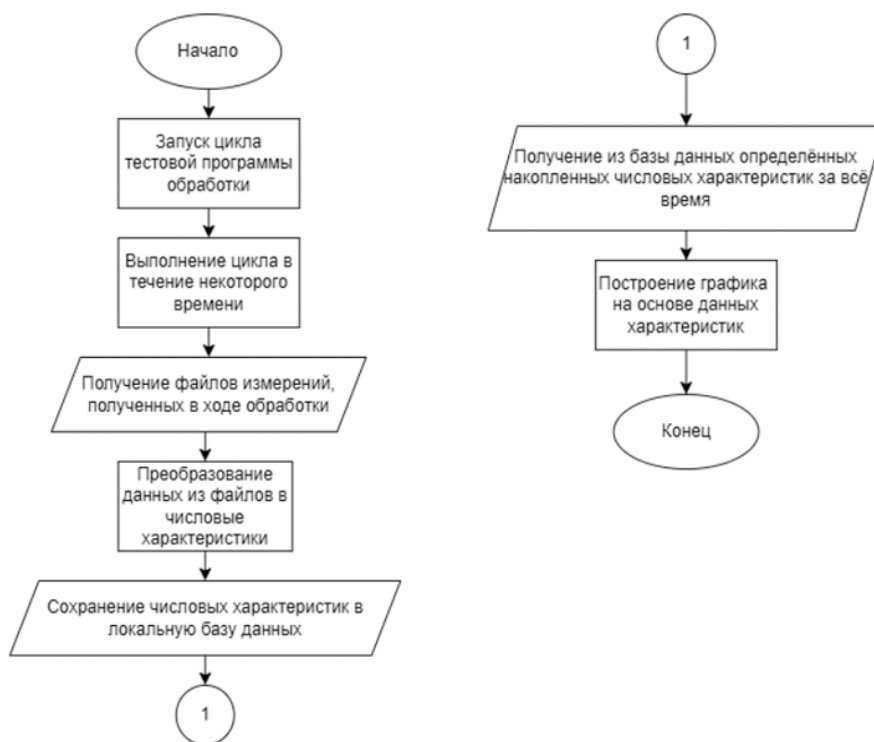


Рис. 1. Блок-схема алгоритма работы системы

Библиографический список:

1. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Системы числового программного управления: Учеб. пособие. - М.: Логос, 2005. - 296 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ГЕНЕРАЦИИ ПОДБОРА СПЕЦИФИКАЦИИ НАПРАВЛЯЮЩИХ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ЗАДАНИЮ

Уткина Т.К.

Научный руководитель: Червоннова Н.Ю. – ст. преподаватель
Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Современные производственные системы требуют высокой точности и эффективности, особенно в направляющих механизмах, обеспечивающих точное перемещение деталей. Традиционный ручной процесс выбора трудоемок и подвержен ошибкам. Поэтому актуальна разработка автоматизированных систем для анализа технических требований и подбора спецификаций направляющих, что повысит точность, скорость и снизит затраты на проектирование.

Для того, чтобы сделать конфигуратор необходимо разобрать все его составляющие, формулы расчетов и т.д. На рис.1 представлен интерфейс конфигуратора.

The interface consists of several steps:

- Step 1:** Selection of the guide type (e.g., COMPACT).
- Step 2:** Input of the number of guides in one direction and the number of guides.
- Step 3:** Selection of the guide orientation (e.g., Плоско, Вертикально, Горизонтально, Настенно, Вертикально 2, Настенно 2).
- Step 4:** Input of the mass load in kg and the connection to L1, L2, and L3 in meters.
- Step 5:** Input of the distance between the guides L4 in meters and the distance between the guides L5 in meters.
- Step 6:** Input of the temperature of use in Celsius.
- Step 7:** Final selection of the guide specification from a list.

Спецификация	Масса нагрузки
V08-01	0.1
V08-02	0.2
V08-03	0.3
V08-04	0.4
V08-05	0.5
V08-06	0.6
V08-07	0.7
V08-08	0.8
V08-09	0.9
V08-10	1.0
V08-11	1.1
V08-12	1.2
V08-13	1.3
V08-14	1.4
V08-15	1.5
V08-16	1.6
V08-17	1.7
V08-18	1.8
V08-19	1.9
V08-20	2.0
V08-21	2.1
V08-22	2.2
V08-23	2.3
V08-24	2.4
V08-25	2.5
V08-26	2.6
V08-27	2.7
V08-28	2.8
V08-29	2.9
V08-30	3.0
V08-31	3.1
V08-32	3.2
V08-33	3.3
V08-34	3.4
V08-35	3.5
V08-36	3.6
V08-37	3.7
V08-38	3.8
V08-39	3.9
V08-40	4.0

Рис. 1 Интерфейс конфигуратором

Библиографический список:

1. Дьяков, А. В., Григорьев, С. А. (2018). Выбор направляющих для автоматизированных систем: методы и подходы. *Проблемы управления и информатики*, 12(2), 123-130.
2. Семенов, И. В., Петров, А. В. (2020). Оптимизация выбора линейных направляющих в производственных системах с использованием методов многокритериального анализа. *Научные труды Технического университета*, 8(3), 89-95.

АНАЛИЗ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛИНИЙ, ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ СИСТЕМЕ

Ушков П.Н.

Научный руководитель: Нежметдинова Р.А. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

В настоящее время конвейерные линии широко применяются на промышленных предприятиях, складах и сортировочных комплексах для транспортировки и распределения изделий. Использование конвейерных систем позволяет автоматизировать процессы перемещения продукции, повысить производительность труда и снизить влияние человеческого фактора на производственный процесс. Особенно широко конвейерные линии применяются на участках сортировки изделий, где требуется распределение продукции по различным направлениям в зависимости от типа, размеров или других параметров.

Анализ существующих промышленных конвейерных линий показал, что современные системы транспортировки изделий, как правило, включают подающий конвейер, основной транспортирующий конвейер, сортировочные механизмы, а также систему датчиков, позволяющих определять наличие изделия, его положение и тип. В качестве датчиков на конвейерных линиях применяются оптические, индуктивные, емкостные датчики, а также датчики расстояния, позволяющие определять габаритные размеры изделия.

Системы управления конвейерными линиями чаще всего реализуются на базе программируемых логических контроллеров, которые обеспечивают управление приводами конвейеров, исполнительными механизмами сортировки, а также обработку сигналов датчиков. Важной частью системы управления является разработка алгоритмов работы линии, обеспечивающих синхронизацию движения изделий, корректную работу сортировочных механизмов и безопасную остановку линии при возникновении аварийных ситуаций.

На основании проведенного анализа можно сформулировать основные требования к разрабатываемой системе управления конвейерной линией сортировки изделий. Система должна обеспечивать автоматическое перемещение изделий по конвейерной линии, определение типа изделия по его габаритным размерам, сортировку изделий по заданным направлениям, а также контроль времени нахождения изделия в зоне сортировки для предотвращения застревания. Кроме того, система должна обеспечивать работу в различных режимах, включая нормальный режим, режим остановки и аварийный режим с отключением всех исполнительных механизмов.

Библиографический список:

1. Федоров В.Е. Глушков Г.Е. «Конвейеры промышленного производства» Текст научной статьи по специальности «Механика и машиностроение» [Электронный ресурс] // URL – <https://cyberleninka.ru/article/n/konveyery-promyshlennogo-proizvodstva?ysclid=mjn9g5tp2h189273254> (дата обращения: 12.10.2025)

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ИНТЕРФЕЙСА СБОРА И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ ДЛЯ ЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ CODESYS С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОТОКОЛА OPC UA

Хайме Лоренцо Э.

Научный руководитель: Аль Хури А. – ст. преподаватель

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

В условиях Индустрии 4.0 актуальной является задача организации эффективной, безопасной и масштабируемой системы мониторинга промышленного оборудования с возможностью интеграции модуля сбора и хранения исторических данных для выполнения их оперативного анализа и визуализации. В качестве решения предложена система управления на основе программируемого логического контроллера (ПЛК) в среде CODESYS (на языках ST и LD). Особенностью системы является применение промышленного протокола связи OPC UA для унификации обмена данными, интеграция платформы Node-RED для обработки и визуализации, а также использование реляционной базы данных MySQL для хранения исторических данных показателей технического оборудования. ПЛК при выполнении задачи управления собирает данные и передаёт их на OPC UA-сервер. Node-RED, в свою очередь, обеспечивает приём данных в реальном времени и отображение их на интерфейсе оператора. Система обеспечивает постоянный сбор и хранения информации в MySQL с возможностью фильтрации по дате и построения графиков, что позволяет анализировать работу технических процессов.

Предложенный подход отличается экономичностью за счёт использования открытых инструментов, модульностью, лёгкостью масштабирования и адаптируемостью к различным производственным условиям.

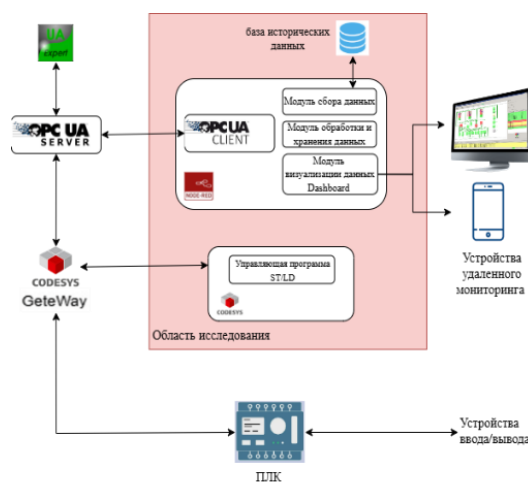


Рис. 1. Структурная модель интерфейса сбора и визуализации данных системы логического управления

Библиографический список:

1. G. Martinov, A. Al Khoury and A. Issa, "Development and Use of OPC UA Tools for Data Collection and Monitoring of Technological Equipment," 2023 International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon), Sochi, Russian Federation, 2023, pp. 346-351.
2. L. Martinova and G. Martinov, "An Approach to The Implementation of the Machine Safety Function Using an Integrated in the CNC System Softplc and an External Safety Controller Made According to the SoftPIC," 2022 International Russian Automation Conference (RusAutoCon), 2022, pp. 961-965.

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ПОДДЕРЖКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Челушкин А.А.

Научный руководитель: Евстафиева С.В. – ст. преподаватель

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Функционирование предприятия напрямую зависит от эффективности системы управления, частью которой являются работа с документами и информационным обеспечением. При внедрении цифровых технологий на производственные предприятия возрастает необходимость в системах, которые автоматизируют формирование и поддержку документации. Такие системы позволяют сократить время поиска документации, а также уменьшают вероятность потери и дублирования данных [1].

Разработанное приложение позволяет получать доступ к хранимой в базе данных технологической информации предприятия, создавать новую текстовую информацию, необходимую для организации производства, и поддерживать хранящиеся данные, обновляя метаданные документации.

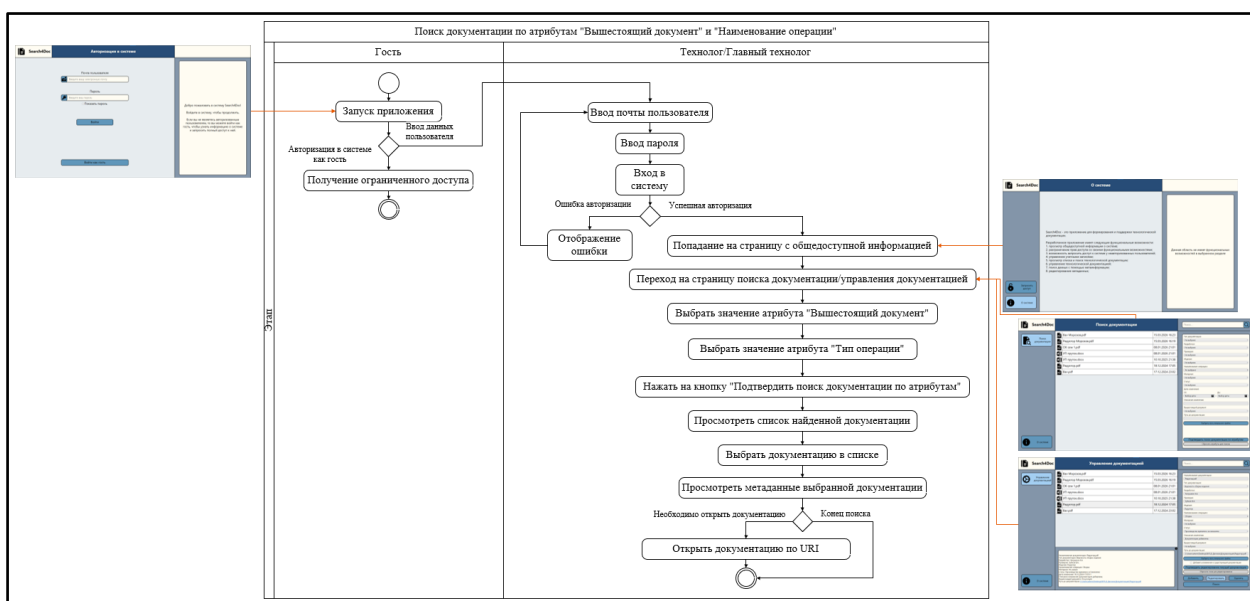


Рис. 1. Сценарий использования приложения для формирования и поддержки технологической информации

Библиографический список:

1. Бобылева М.П. Управленческий документооборот: от бумажного к электронному. Вопросы теории и практики. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ООО «ТЕРМИКА.РУ», 2023 – 426 с. – ISBN 978-5-6045937-6-9

ПОСТРОЕНИЕ МАКЕТА СИСТЕМЫ ЭХОЛОКАЦИИ НА БАЗЕ ARDUINO

Чжо Зун У

Научный руководитель: Мартинов Г.М. – д.т.н., профессор

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Работа посвящена разработке макета системы эхолокации на базе микроконтроллерной платформы Arduino для измерения расстояния до объектов и их визуализации. В качестве основных элементов системы выбраны ультразвуковой датчик расстояния, сервопривод для сканирования пространства, а также устройства индикации, включая светодиоды, зуммер и жидкокристаллический дисплей. В процессе разработки сформированы алгоритмы обработки сигналов, обеспечивающие определение расстояния на основе времени задержки отражённого ультразвукового импульса, а также реализована система визуализации данных.

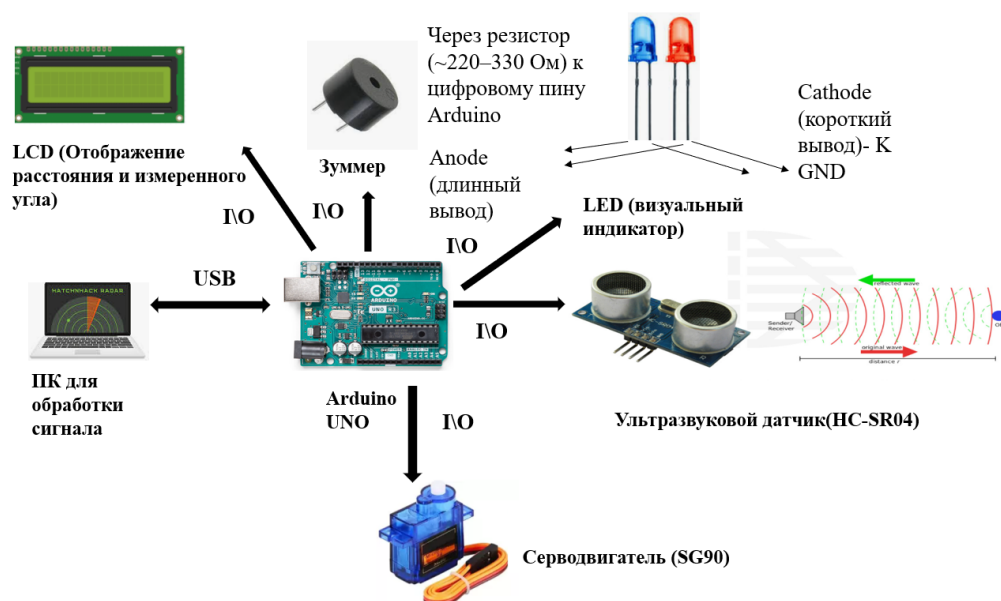


Рис. 1. Структурная схема системы управления Эхолотом

Необходимость создания подобного макета обусловлена возможностью изучения принципов эхолокации и построения доступных систем обнаружения объектов. Использование сервопривода позволяет реализовать секторное сканирование пространства, что повышает информативность системы. Реализация проекта на базе Arduino обеспечивает простоту интеграции компонентов, гибкость настройки и возможность дальнейшего расширения функционала. Разработанная система может быть использована в учебных целях, а также как основа для создания более сложных робототехнических и навигационных решений.

Библиографический список:

1. Margolis, M. Arduino Cookbook: Recipes to Begin, Expand, and Enhance Your Projects / M. Margolis. – 2nd ed. – Sebastopol: O'Reilly Media, 2011. – 724 p. – ISBN 978-1-4493-1387-6.
2. Minns, P. D. C Programming for the PC, the Mac, and the Arduino Microcontroller / P. D. Minns. – Bloomington: AuthorHouse, 2013. – 308 p. – ISBN 978-1-4910-1294-0.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ЦИКЛА РЕЗЬБОФРЕЗЕРОВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ЧПУ «АКСИОМА КОНТРОЛ»

Чинда Тане Жан Остин

Научный руководитель: Соколов С.В. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Резьбовые соединения занимают центральное место в конструкции машиностроительных изделий: операции нарезания резьбы составляют от 30 до 40% объёма отверстных операций на типичном производстве [1]. Традиционные методы — нарезание метчиком (G84) и токарная обработка — имеют существенные ограничения: высокая осевая нагрузка, риск поломки в глухих отверстиях, отсутствие гибкости по диаметру. Альтернативой служит технологическая операция резьбофрезерования, при которой инструмент совершает геликоидальное движение, описываемое законом:

$$\begin{cases} x(\theta) = R \cdot \cos \theta \\ y(\theta) = R \cdot \sin \theta \\ z(\theta) = \frac{P}{2\pi} \cdot \theta \end{cases}$$

где R – радиус траектории, P – шаг резьбы. Метод исключает осевые нагрузки, допускает обработку материалов твёрдостью до 65 HRC и позволяет одним инструментом нарезать резьбы различных диаметров.

Актуальность работы определяется двумя факторами. Во-первых, система ЧПУ «АксиОМА Контрол», разрабатываемая на кафедре компьютерных систем управления, не имеет штатного цикла резьбофрезерования. Во-вторых, аналогичные циклы зарубежных систем обладают известными ограничениями: непрозрачностью алгоритма (Siemens CYCLE84), отсутствием защитных механизмов (Fanuc G02.2/G03.2) или низкой переносимостью программ (Heidenhain CYCLE 262). Разрабатываемый цикл устраняет перечисленные недостатки в рамках единого отечественного решения.

Цель работы – разработка параметрического цикла резьбофрезерования для системы «АксиОМА Контрол», обеспечивающего автоматическое вычисление геликоидальной траектории и режимов резания по параметрам метрической резьбы ISO.

Метод решения включает три этапа. На первом строится математическая модель: радиус траектории $R = R_{\text{отв}} - R_{\text{фр}}$, частота вращения $n = (V \cdot 1000) / (\pi \cdot D_{\text{фр}})$, подача с дуговой коррекцией $F_{\text{ц}} = F \cdot R / (R + R_{\text{фр}})$, осевое смещение за оборот равно шагу P . На втором разрабатывается алгоритм цикла, включающий в себя этапы валидации параметров, расчёт геометрии, дуги врезания, геликоидальной интерполяции G02/G03 и дуги отвода. На третьем этапе алгоритм реализуется в виде подпрограммы на языке высокого уровня системы ЧПУ «АксиОМА Контрол» с поддержкой однопроходной и двухпроходной стратегий, сквозных и глухих отверстий.

Ожидаемые результаты: параметрический цикл, обеспечивающий нарезание резьбы МЗ–М48 с точностью 6Н по ГОСТ 16093 и шероховатостью $R_a \leq 1,6$ мкм. Верификация — обработка образцов из стали 45 и сплава АМгб с контролем резьбовыми калибрами. Цикл применим на любом станке с «АксиОМА Контрол» без САМ-систем и постпроцессоров.

Библиографический список:

1. Sandvik Coromant. Thread Milling: Technical Guide. — Sandvik Coromant AB, 2021.
2. ГОСТ 9150-2002. Резьба метрическая. Профиль. — М.: Стандартинформ, 2004.
3. Siemens AG. SINUMERIK 840D sl/828D. Cycles. Programming Manual. — Siemens AG, 2019.

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ВАКУУМНОЙ СТАНЦИЕЙ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ С SCADA И СИСТЕМОЙ МОНИТОРИНГА

Чуйкин И.Г.

Научный руководитель: Коваленко А.В. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Особенностью вакуумных систем является необходимость строгого соблюдения последовательности включения насосов, работающих в разных диапазонах давлений. Нарушение алгоритма управления или возникновение аварийных ситуаций может привести к повреждению оборудования и снижению эффективности технологического процесса.

В существующих системах автоматизации, как правило, реализуется базовое управление на уровне программируемого логического контроллера. При этом вопросы комплексной безопасности, а также анализа состояния оборудования на основе накопленных данных, зачастую остаются недостаточно проработанными.

В данной работе предлагается подход к повышению безопасности и эффективности управления вакуумной станцией за счёт интеграции уровня управления, визуализации и мониторинга в единую систему. Реализована система управления на базе ПЛК с использованием алгоритма, обеспечивающего последовательное включение насосов и контроль параметров в реальном времени. Особое внимание уделено системе безопасности, предусматривающей разделение аварийных ситуаций и использование различных сценариев остановки оборудования.

Для обеспечения удобного взаимодействия с оператором разработан интерфейс в SCADA-системе, представляющий технологический процесс в виде мнемосхемы с отображением состояния насосов, клапанов и датчиков. Дополнительно реализована подсистема мониторинга, обеспечивающая сбор, хранение и анализ данных о работе установки, что позволяет оценивать её состояние в динамике и выявлять потенциальные отклонения.

В результате предложенный подход позволяет повысить надёжность и безопасность эксплуатации вакуумной станции, снизить вероятность аварийных ситуаций и обеспечить переход от локального управления к комплексной системе с возможностью анализа и мониторинга состояния оборудования.

Библиографический список:

1. Грошковский, Я. Техника высокого вакуума / Я. Грошковский; пер. с польск. В. Л. Булата, Э. Л. Булата; с прил. Э. М. Рейхруделя, Г. В. Смирницкой. — М.: Мир, 1975. — 622 с.
2. Н.М. Капустин Автоматизация производственных процессов в машиностроении: Учеб. для втузов / Н.М. Капустин, П.М. Кузнецов, А.Г. Схиртладзе и др.; Под ред. Н.М. Капустина. — М.: Высш. шк., 2004.—415 с: ил.

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ УНИВЕРСАЛЬНОГО КОММУНИКАЦИОННОГО СЕРВИСА НА ОСНОВЕ WEB-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С СИСТЕМАМИ ЧПУ

Шилов Д.Ю.

Научный руководитель: Пушков Р.Л. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

На сегодняшний день на большинстве машиностроительных предприятий используются станки с числовым программным управлением (ЧПУ), применение которых позволило значительно ускорить изготовление продукции и снизить производственные риски. Однако современные требования к автоматизации производства ставят новые задачи, связанные с мониторингом, удалённым управлением и интеграцией с другими системами предприятия. Для решения этих задач требуется создание универсального коммуникационного сервиса для получения данных от различных систем ЧПУ и передачи управляющих команд. Такой сервис не должен быть привязан к конкретной аппаратной или программной реализации и должен обеспечивать взаимодействие с различными системами ЧПУ. В рамках исследования для апробации была использована система ЧПУ «АксиОМА Контроль», разрабатываемая на базе кафедры компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН».

Проектирование коммуникационного решения начинается с определения доступных способов взаимодействия с системой ЧПУ. Система «АксиОМА Контроль» предоставляет два интерфейса: собственный протокол передачи данных на основе ТСР/ІР и промышленный протокол ОРС UА, также использующий ТСР/ІР в качестве транспортного уровня. Это позволяет разместить сервер коммуникационной системы в локальной сети предприятия и организовать подключение к устройству ЧПУ по интерфейсу Ethernet. Далее выполняется проектирование программных компонентов системы. Основным компонентом является ядро системы ЧПУ, интерфейсы взаимодействия с которым уже определены, поэтому основной задачей является проектирование и реализация программного модуля, использующего данные интерфейсы. Аналогичные задачи решаются при реализации взаимодействия с внешними системами, такими как НМІ (Human-Machine Interface) и другими информационными системами предприятия. Использование современных технологий передачи данных обеспечивает возможность интеграции с различными промышленными системами. Ввиду высокой зависимости от предметной области и требований к универсальности решения, при проектировании прикладной части программного продукта целесообразно использовать подход Domain-Driven Design (DDD), который позволяет связать этапы проектирования предметной области и реализации программного обеспечения.

Библиографический список:

1. Сосонкин В. Л., Мартинов Г. М. Построение интерфейса оператора систем ЧПУ с привлечением web-технологий // Мехатроника, автоматизация, управление. 2007.
2. Вернон В. Реализация методов предметно-ориентированного проектирования = Implementing Domain-Driven Design / Вон Вернон; пер. с англ. — М.: ДМК Пресс, 2016. — 656 с.
3. Викерс К. Разработка требований к программному обеспечению = Software Requirements / К. Викерс; пер. с англ. — М.: Вильямс, 2014. — 576 с.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛИСТОГИБОЧНЫМ ПРЕССОМ НА БАЗЕ ПЛК

Ющенко М.В.

Научный руководитель: Соколов С.В. – к.т.н., доцент

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Данная работа посвящена разработке автоматизированной системы управления листогибочным прессом на основе программируемого логического контроллера (ПЛК), направленной на повышение точности и производительности процесса гибки. Выполнен анализ контроллеров. Предпочтение было отдано ПЛК ОВЕН как наиболее сбалансированному решению с точки зрения цены и функциональности для поставленных задач. На базе выбранного контроллера разработана схема системы, объединяющая ПЛК и гидравлические и электромеханические исполнительные устройства.

Программное обеспечение реализовано в среде CODESYS на языке LD. Архитектура построена по модульному принципу: созданы функциональные блоки управления гидравликой, циклом гибки, безопасностью и калибровкой. Разработан интерфейс для мониторинга параметров, задания режимов и ручного управления. Он показан на рисунке 1. В среде CODESYS проведена симуляция работы разработанной программы, подтвердившая корректность реализованной логики управления и взаимодействия всех функциональных блоков.

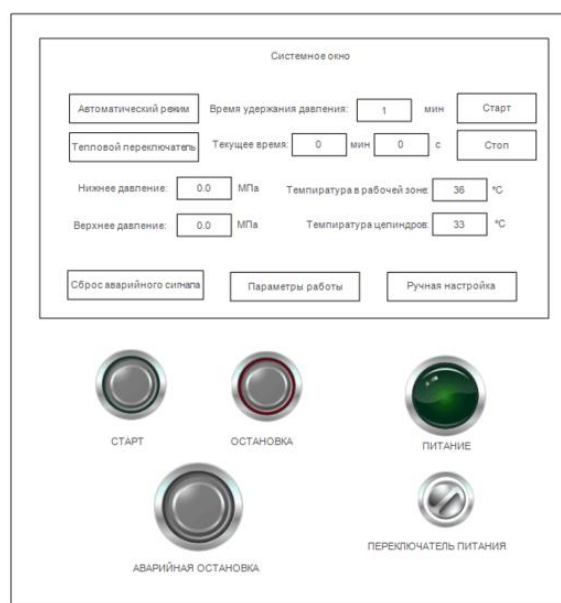


Рис. 1. Изображение интерфейса

Библиографический список:

1. «Максимальная автоматизация листогибочного пресса с помощью технологии управления ПЛК» // MachineMFG URL: <https://www.machinemfg.com/ru/press-brake-plc-system/> (дата обращения: 10 сентября 2023 года).
2. Ерзин О. А., Пантюхина Е. В. Программирование промышленных контроллеров в среде CODESYS: учебник. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2024. – ISBN 978-5-7679-5581-7.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КРОССПЛАТФОРМЕННОГО ИНТЕРФЕЙСА СИСТЕМЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПЛК

Яськевич К.В.

Научный руководитель: Евстафиева С.В. – ст. преподаватель

Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»

Существующая версия редактора FBDEditor предназначена исключительно для работы в операционной системе Windows, тогда как среда исполнения системы функционирует в Linux-окружении [1]. Такое разделение инструментов разработки и среды выполнения приводит к ряду практических ограничений: усложняется процесс тестирования и развёртывания системы, а также возникает необходимость использовать разные программные платформы на различных этапах работы с программами управления. В связи с этим возникает задача создания новой версии редактора, способной обеспечивать более единое рабочее пространство для разработки программ ПЛК.

Разрабатываемый редактор реализуется на базе фреймворка Avalonia UI и платформы .NET, что позволяет создавать единый пользовательский интерфейс для различных операционных систем с использованием языка C#. Архитектура приложения строится на основе паттерна MVVM и модульного принципа построения, обеспечивающего разделение пользовательского интерфейса, логики представления и прикладных компонентов. Такой подход упрощает сопровождение программного обеспечения и позволяет повторно использовать отдельные функциональные модули редактора. В частности, существующие компоненты взаимодействия с ядром системы могут быть интегрированы в новую концепцию [2], а адаптация редактора к другим системам управления может выполняться за счёт замены или модификации отдельных модулей окружения без переработки основной функциональности.



Рис. 1. Обобщённая схема взаимодействия компонентов системы

Библиографический список:

1. Система ЧПУ «АксиОМА Контрол» / Руководство программиста ПЛК. – Рабочая версия 1.0.03. – 2018. – 61 с.
2. Никишечкин П.А. Разработка средств визуализации и отладки управляющих программ для электроавтоматики, интегрированных в систему ЧПУ [Электронный ресурс] / МГТУ «Станкин», – 2012. – Режим доступа: <https://lab18.ipu.ru/projects/conf2012/2/24.htm>.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ШТАТИВНОЙ ГОЛОВКИ ДЛЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ВИДЕОКАМЕРЫ

Боднарюк И.М.

Научный руководитель: Куликова А.С. – ст. преподаватель

Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»

В современном профессиональном видеопроизводстве и организации масштабных мероприятий остро стоит проблема точного и плавного позиционирования тяжёлого оптического оборудования в автоматическом или дистанционном режиме. Автоматизированная штативная головка предназначена для удержания и дистанционного управления видеокамерой. Ограниченная доступность зарубежных аналогов такого устройства делает разработку отечественных систем данного класса особенно актуальной. [1].

В рамках исследования были проанализированы существующие аналоги и сформированы технические требования к штативной головке. Разрабатываемая конструкция включает не только саму головку, но и роботизированную систему перемещения на базе потолочной рельсовой системы с кареткой и телескопической вертикальной колонной, что суммарно обеспечивает пять степеней свободы.



Рис. 1. Модель автоматизированной штативная головка на приводной рельсовой системе

Также была решена прямая и обратная задача кинематики системы. Для оценки нагрузок используется упрощённая динамическая модель, учитывающая массу камеры и инерционные характеристики системы [2]. Проведённый расчёт определяет требования к выбору приводов и редукторов [3]. Разработка ориентирована на использование отечественных компонентов и может применяться в телепроизводстве, организации мероприятий, системах видеонаблюдения и промышленного мониторинга, снижая зависимость от импортных систем и устройств.

Библиографический список:

1. Стратегия развития робототехники в Российской Федерации: промышленная и сервисная робототехника / Минпромторг России [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://json.tv/video/strategiya-razvitiya-robototekhniki-v-rf-promyshlennaya-i-servisnaya-robototekhnika-minpromtorg-rossii/> (дата обращения: 29.03.2026).
2. Егоров О. Д. Прикладная механика мехатронных устройств: учебное пособие. – М.: ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН», 2013. – 229 с. – ISBN 978-5-7028-0744-7
3. Кокорев Ю.А., Жаров В.А., Торгов А.М. Расчет электромеханического привода: Учеб. пособие / Под ред. В.Н. Баранова. – М.: Изд-во МГТУ, 1995. – 132 с.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ РОБОТОМ ТИПА «ТРИПТЕРОН» НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА С ЛАЗЕРНЫМ ЦЕЛЕУКАЗАНИЕМ

Болдырев В.Н.

Научный руководитель: Стебулянин М.М. – д.т.н., профессор

Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»

В докладе рассматривается разработка системы управления лабораторным монорельсовым триптером, на основе технологии цифрового двойника. Цифровой двойник создан в NVIDIA Isaac Sim и используется в реальном времени как точная виртуальная копия физического робота. Он выполняет функцию внутренней модели для модельно-предиктивного управления, предсказание поведения системы, компенсации нелинейностей, а также отработки алгоритмов без риска повреждения оборудования. Управление осуществляется с помощью интуитивного интерфейса лазерного целеуказания, цель движения фиксируется камерой глубины Intel RealSense D435, установленной непосредственно на эффекторе.

Целью исследования является разработка системы управления на основе технологии цифрового двойника, который выступает в роли «виртуального прототипа» и позволяет компенсировать реальные физические ограничения робота в реальном времени, а также отработать программу движения робота.

Значимость технологии цифрового двойника заключается в том, что она позволяет перенести сложные вычислительные задачи в виртуальную среду, где возможно моделирование реальных физических процессов с высокой точностью, и использовать эту модель для управления реальным объектом.

Система построена на базе ROS 2 это обеспечивает синхронизацию состояния физического робота с цифровой моделью, она включает в себя три ESP32 для управления линейными приводами, камеру Intel RealSense D435, лазерную указку и цифровой двойник.

Библиографический список:

1. NVIDIA Isaac Sim. Documentation [Электронный ресурс] / NVIDIA Corporation. – URL: https://docs.nvidia.com/isaac/isaac_sim/index.html (дата обращения: 29.03.2026).
2. Стебулянин М. М. Инженерный метод преследования-уклонения объектов для задач адаптивного управления роботами совместного использования / М. М. Стебулянин, В. Н. Болдырев // Вестник ЮУрГУ. Серия: Математическое моделирование и программирование. 2025. №4. С. 45–62.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИМ ВИНТОМ

Евлоев С.М.

Научный руководитель: Куликова А.С. – ст. преподаватель

Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»

Большинство систем управления предполагают линейность управляемого процесса или возможности его аппроксимации стандартными аналитическими моделями. В классических методах синтез ПИД-регулятора осуществляется до запуска процесса, для этого производится линеаризация процесса и выбор аналитической модели. Управление аэродинамическим винтом летательного аппарата представляет собой нелинейную динамическую задачу по регулированию угловой скорости двигателя [1]. Предустановленные коэффициенты ПИД-регулятора теряют актуальность в полете при изменении плотности воздуха, разряде аккумуляторной батареи и турбулентности, что приводит к критическим последствиям.

Существующие адаптивные методы синтеза ПИД-регулятора требуют либо предварительной идентификации условия (gain scheduling) или аналитической модели объекта (МРС – Model Predictive Control), что затруднительно для аэродинамического винта из-за сложной аэродинамики, гистерезиса и других нелинейных явлений [2].

Для повышения качества управления предлагается разработать систему управления (Рис. 1) на основе методов машинного обучения. Ключевым элементом является внедрение адаптивного синтеза ПИД-регулятора на основе показателей датчиков с помощью таких методов как обучение с подкреплением и нейронной сети, которые могут адаптироваться к изменяющимся условиям и самостоятельно определять оптимальные коэффициенты без аналитической модели объекта. Дополнительно были изучены разные прототипы винта, чтобы найти более подходящего для предложенной системы.

Такой подход позволит сделать полет летательного аппарата устойчивым к нелинейным динамическим условиям, уменьшить износ двигателя и оптимизировать потребление электроэнергии.

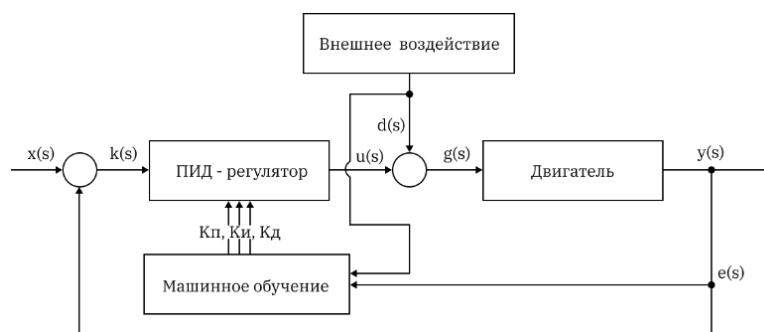


Рис. 1. Система управления на основе методов машинного обучения

Библиографический список:

1. Stabilization of Altitude Control for Multirotor Flying Vehicles with Respect to Propeller Actuator Dynamics / B.-M. Nguyen [et al.] // 2021 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC) (Gijon, Spain, October 18–21, 2021).
2. Comparison of different feedback controllers on an airfoil benchmark / L. Michel, C. Braud, J.-P. Barbot // Wind Energy Science. — 2025. — Vol. 10, iss.

АЛГОРИТМ ГРУППОВОГО УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМИ РОБОТАМИ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ УЧАСТКА В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОЙ ДАЛЬНОСТИ СВЯЗИ

Капитонец В. К.

Научный руководитель: Поливанов А.Ю. – к.т.н., доцент

Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»

Использование группы роботов в задаче обследования садового участка в условиях ограниченной дальности связи более целесообразно с точки зрения временных и энергетических затрат, поскольку при работе одного робота увеличиваются длина маршрута и потери времени на возврат к точке подзарядки, тогда как группа роботов выполняет задачу совместно. Для решения задачи необходимо одновременно обеспечить полноту обследования участка, локальное обследование деревьев и сохранение связности сети между роботами. При этом координаты деревьев заранее заданы.

На текущем этапе реализованы две программные подсистемы, соответствующие верхнему и нижнему уровням управления. Первая программная подсистема (см. Рис. 1) представляет собой 2D-модель одного робота и включает его физические границы, защитные зоны, модель камеры, память о плодах и их состоянии, а также блок построения маршрута на основе grid-карты и алгоритма A*. Вторая программная подсистема (см. Рис. 2) предназначена для координации движения мобильных роботов по закону вида $V_r = k_1 V_b + k_2 V_p$, учитывающему положение соседних роботов и ограничения по дальности связи, и моделирует сетевое взаимодействие роботов, включая узлы, рёбра, таблицы маршрутизации, передачу пакетов, задержки и синхронизацию состояний.

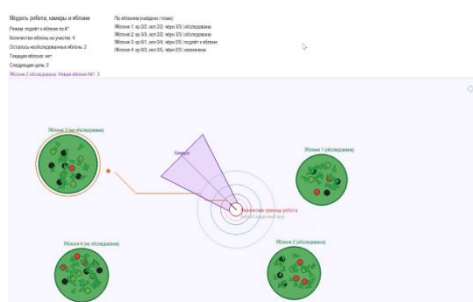


Рис. 1. Выполнение частной задачи по обследованию роботом садового участка

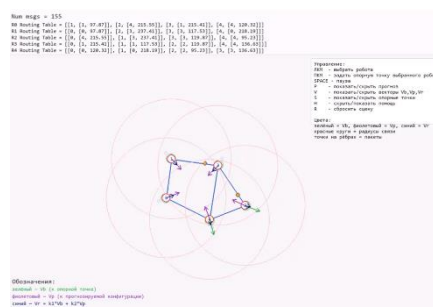


Рис. 2. Передача сообщений между группой роботов

Библиографический список:

1. Диане С.А., Исхаков А.Ю., Исхакова А.О. Управление перемещением группы мобильных роботов в условиях информационных ограничений // Труды 18-й Всероссийской школы-конференции молодых ученых «Управление большими системами». – Челябинск, 2022. – С. 35–41.
2. Liu L., Yang F., Liu X. et al. A review of the current status and common key technologies for agricultural field robots // Computers and Electronics in Agriculture. – 2024. – Vol. 227, Part 2. – P. 109630.
3. Stolfi D. H., Danoy G. Design and analysis of an E-Puck2 robot plug-in for the ARGoS simulator // Robotics and Autonomous Systems. – 2023. – Vol. 164. – Art. 104412. – DOI: 10.1016/j.robot.2023.104412.

ПРИМЕНЕНИЕ МОНОКУЛЯРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА СЦЕНЕ В УСЛОВИЯХ НАВАЛА С ЦЕЛЬЮ ЗАХВАТА РОБОТОМ-МАНИПУЛЯТОРОМ

Карнов М.В.

Научный руководитель: Андреев В.П. – д.т.н., профессор

Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»

Одной из актуальных задач современной робототехники является автоматизация процессов манипулирования объектами, расположенными в произвольном положении на рабочей сцене. Для определения пространственного положения объектов традиционно применяются стереокамеры или специализированные датчики глубины, однако такие решения отличаются высокой стоимостью и сложностью настройки. Перспективной альтернативой является использование монокулярных камер совместно с алгоритмами искусственных нейронных сетей (ИНС) для восстановления трёхмерной структуры сцены.

Целью работы является исследование возможности определения координаты по глубине на основе одного RGB-изображения с использованием нейросетевой модели Depth-Pro и оценка применимости данного подхода в задачах роботизированного манипулирования объектами сложной формы.

Рассматриваемый подход предполагает использование системы технического зрения, включающей алгоритм сегментации изображения для выделения отдельных объектов и модель ИНС Depth-Pro, формирующую карту глубины сцены [1]. Сегментация позволяет определить положение объектов в плоскости изображения, после чего полученная с помощью данной ИНС информация о глубине может использоваться для оценки их пространственного положения. Основное внимание в работе уделено исследованию точности восстановления абсолютной глубины с применением модели Depth-Pro. Проведён анализ влияния параметров камеры и особенностей архитектуры модели на точность определения расстояния до объектов. Показано, что использование Depth-Pro без дополнительной калибровки приводит к систематическим ошибкам масштаба глубины. Для повышения точности исследованы методы коррекции карты глубины, включая линейную аппроксимацию и нелинейную оптимизацию облака точек, учитывающую масштаб, смещение и возможный наклон рабочей плоскости [2]. Применение данных методов позволяет снизить ошибку определения расстояния до величины порядка нескольких сантиметров.

Полученные результаты показывают, что монокулярное зрение может быть использовано для предварительной оценки пространственного положения объектов. В дальнейшем планируется дополнить систему инфракрасным датчиком расстояния, установленным на схвате манипулятора, что позволит уточнять координату по высоте непосредственно перед захватом и повысить надёжность работы робототехнической системы.

Библиографический список:

1. Depth Pro: Sharp Monocular Metric Depth in Less Than a Second [Электронный ресурс] / URL: <https://github.com/apple/ml-depth-pro> (дата обращения 10.09.2025).
2. Teng Guo, Baichuan Huang, Jingjin Yu/ Monocular One-Shot Metric-Depth Alignment for RGB-Based Robot Grasping [Электронный ресурс] / URL: <https://arxiv.org/abs/2506.17110> (дата обращения 13.09.2025).

РАЗРАБОТКА МЕТОДА КОНТРОЛЯ ЗАЩИТНОГО РАЗДЕЛИТЕЛЬНОГО РАССТОЯНИЯ В РАБОЧЕМ ПРОСТРАНСТВЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПРИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЕ

Курбатова А.Д.

Научный руководитель: Андреев В.П. – д.т.н., профессор

Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»

На смену роботам, работающим за физическими ограждениями, приходят системы, функционирующие в тесном контакте с человеком. Однако устранение физических барьеров порождает критическую необходимость в новых методах обеспечения безопасности, которые исключали бы риск травмирования человека при выполнении работ в совместном рабочем пространстве.

Согласно ГОСТ Р 60.1.2.3–2021, ключевым фактором безопасности при такой работе является соблюдение защитного разделительного расстояния — кратчайшего допустимого интервала между опасными частями робота и частями тела человека. Целью данной работы является разработка модели системы, которая динамически в реальном времени управляет положением и скоростью движения манипулятора робота, поддерживая безопасную дистанцию между подвижными опасными частями робота и телом человека на основе данных системы технического зрения (СТЗ).

Суть предлагаемого метода заключается в создании программного контура безопасности, который в реальном времени анализирует взаимное положение частей тела человека и подвижных частей робота. СТЗ снабжена двумя камерами глубины, которые передают данные нейросети YOLOv8-seg. Нейросеть выделяет контуры объектов в виде масок сегментации [1]. Разработан метод, который позволяет путем совмещения масок с картами глубины определять трёхмерные метрические координаты объектов сцены, на основе которых алгоритм рассчитывает кратчайшее расстояние между оператором и манипулятором (рис.1). В зависимости от дистанции, система управляет скоростью движения манипулятора робота: при достижении порога происходит плавное замедление, а при критическом сближении — мгновенная защитная остановка (Рис.2). Для верификации метода разработана симуляционная модель в среде CoppeliaSim (V-REP), имитирующая операцию совместной сортировки объектов.



Рис. 1. Ситуация: защитное расстояние безопасно для движений робота

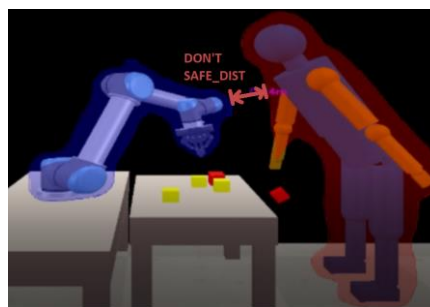


Рис. 2. Защитное расстояние меньше допустимого – остановка робота

Разработанный метод контроля защитного разделительного расстояния позволяет организовать безопасное совместное рабочее пространство без применения ограждений.

Библиографический список

1. Ultralytics YOLO Docs: официальный сайт. – 2023. – URL: <https://docs.ultralytics.com/> (дата обращения: 29.03.2026). – Текст: электронный.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ШАГАЮЩЕГО РОБОТА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ РЕЖИМ УПРАВЛЯЕМОЙ ДЕГРАДАЦИИ ПРИ АВТОНОМНОМ ДВИЖЕНИИ

Мажуга Н.А.

Научный руководитель: Андреев В.П. – д.т.н., профессор

Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»

Управляемая деградация в робототехнике — термин, который означает набор технических решений, направленных на сохранение функциональности робототехнической системы (РТС) в случае выхода из строя отдельных её компонентов, например, исполнительных механизмов (приводов) робота. Методы управляемой деградации крайне актуальны в экстремальной робототехнике, где отказ системы недопустим: в автономном транспорте, в поисково-спасательных роботах, в космических и подводных системах. Целью является разработка модульной интеллектуальной системы управления (СУ) движением шагающего робота, обеспечивающей сохранение функциональности робота в случае выхода из строя отдельных его компонентов (см. рис. 1).

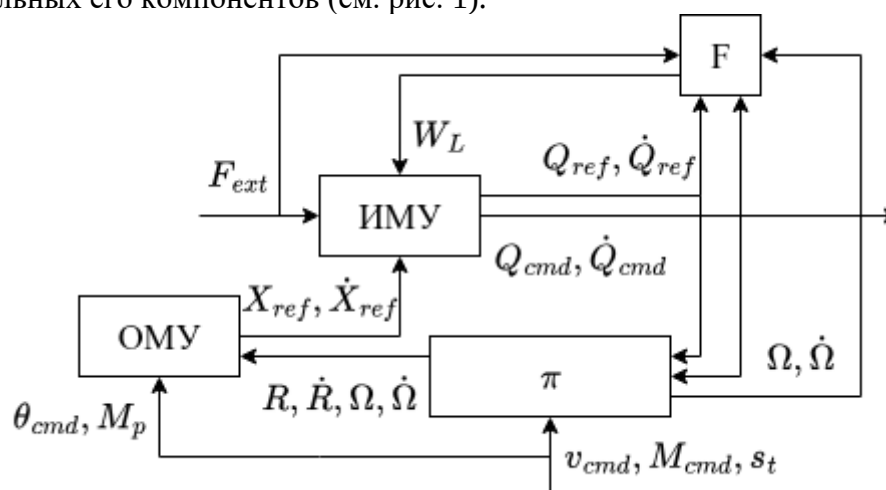


Рис. 1. Функциональная блок-схема СУ

Операционный модуль управления (ОМУ) функционирует на основе биоподобных центральных генераторов упорядоченной активности (ЦГУП), которые продуцируют базовые параметры локомоции, имитируя биологические ритмические процессы. Адаптивность системы обеспечивается контуром обратной связи, в котором политика π нейросетевого агента динамически модулирует входные воздействия на ЦГУП, позволяя корректировать стратегии поведения в зависимости от команд оператора и взаимодействия с внешней средой.

Исполнительный модуль управления (ИМУ) преобразует выходные данные ОМУ в высокоуровневые команды для конкретных приводов РТС. Критически важным элементом ИМУ является контур обратной связи F , реализованный на базе графовых нейронных сетей с механизмом внимания (attention mechanism). Такой подход позволяет учитывать топологическую структуру робота и осуществлять косвенную диагностику состояния системы, определяя степень критичности повреждений отдельных приводов через анализ аномалий в поведении робота.

Библиографический список:

1. Du H., Gao F. Fault tolerance properties and motion planning of a six-legged robot with multiple faults //Robotica. – 2017. – Т. 35. – №. 6. – С. 1397-1414.

РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ МЕЖМОДУЛЬНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА С МОДУЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРОЙ

Макаров Я.О.

Научный руководитель: Андреев В.П. – д.т.н., профессор

Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»

С повышением уровня автономности мобильного робота (МР) происходит увеличение сложности программного обеспечения (ПО) его системы управления (СУ), что, в свою очередь, приводит к возрастанию требований к производительности бортового вычислительного устройства для обеспечения работы МР в режиме реального времени. Использование более производительного бортового вычислителя сопряжено с увеличением энергопотребления СУ и ухудшением массогабаритных характеристик МР.

Цель данной работы – разработка аппаратно-программных интерфейсов межмодульного информационного взаимодействия в СУ МР с модульной архитектурой, которые обеспечивают взаимодействие в «жёстком» реальном времени и возможность реконфигурации робототехнической системы (РТС) в режиме «plug and play».

В результате анализа существующих межмодульных аппаратно-программных интерфейсов в МР с модульной архитектурой был выявлен ряд недостатков. Во-первых, работа РТС в режиме «жёсткого» реального времени обеспечивается, в основном, только на исполнительном уровне, что обусловлено недостаточной вычислительной мощностью бортового вычислителя. Во-вторых, возникает проблема использования в СУ МР новых модулей сторонних разработчиков, поскольку зачастую в публикациях не описывается формат пересылаемых между модулями данных, непонятен механизм реализации «горячего» подключения модулей, отсутствуют требования к аппаратной составляющей межмодульных интерфейсов. Кроме того, зачастую ПО МР основано на малораспространённых фреймворках и операционных системах реального времени, которые разработаны авторами специально для конкретного проекта. Такой подход не соответствует требованиям совместимости и системной интегрируемости модулей.

Предлагается аппаратно-программное решение СУ МР (рис. 1), разработанное в соответствии с принципом полной функциональности модулей [1], и способ реализации распределённых вычислений на основе встраиваемых вычислительных устройств невысокой производительности, в которых межмодульная коммуникация основана на протоколе с открытым исходным кодом OpenCyphal и шине CAN.



Рис. 1. Функциональная схема взаимодействия модулей

Библиографический список:

1. Ким В.Л. Модульная архитектура системы управления наземных мобильных роботов, обеспечивающая реализацию распределённых вычислений и оперативную реконфигурацию: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук: 05.02.05: защищена 2022 /

РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМОЙ С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СХЕМОЙ С УЧЕТОМ СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТОВ

Мартинес Дуран Д.Р.

Научный руководитель: Стебулянин М.М. – д.т.н., профессор

Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»

Актуальность работы обусловлена потребностью управления мобильной платформой в условиях сопротивления грунтов качению колёс мобильной платформы на открытой местности. Учёт сопротивления грунтов качению колёс мобильной платформы необходимо для выполнения целевой траектории, например круговой траектории, без учёта сил сопротивления грунтов мобильная платформа целевую траекторию не выполнит.

Траектории движения модели мобильной платформы по круговой траектории с учётом сил сопротивления грунтов и без них представлены на рисунке 1.

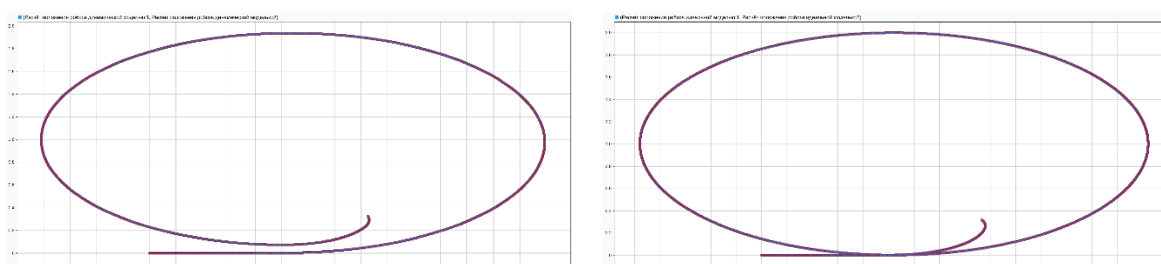


Рис. 1. Траектория движения мобильной платформы без учёта сил сопротивления грунтов (слева) и с учётом сил сопротивления грунтов (справа)

Разработка принципов управления для модели движением мобильной платформы с учётом сил сопротивления грунтов позволяет разработать системы управления для мобильных робототехнических устройств для работы на открытой местности, например, для сельского хозяйства.

Библиографический список:

1. Коронатов В. А. Представление новой теории качения на примере описания движения ведомого колеса локомотива (автомобиля) // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2018. №1 (57).
2. Ультрафиолетовые роботы Торвальды сэкономили пользователям 133 тонн фунгицидов. AGROXXI Агропромышленный портал.
[URL:https://www.agroxxi.ru/selhoztehnika/novosti/ultrafioletovye-roboty-torvaldy-syekonomili-polzovateljam-133-tonn-fungicidov.html?utm_source=dzen.ru&utm_medium=referral&utm_campaign=dzen.ru&utm_referrer=dzen.ru](https://www.agroxxi.ru/selhoztehnika/novosti/ultrafioletovye-roboty-torvaldy-syekonomili-polzovateljam-133-tonn-fungicidov.html?utm_source=dzen.ru&utm_medium=referral&utm_campaign=dzen.ru&utm_referrer=dzen.ru), свободный. — Дата обращения 30.03.2026.

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА РОБОТА

Медведев Е.М.

Научный руководитель: Игнатъев В.А. – к.т.н., доцент

Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»

Проектирование электроприводов промышленных роботов – сложная итерационная задача, требующая трудоемких расчетов. Неточности на этапе выбора компонентов приводят к завышению мощности, увеличению массы и снижению энергоэффективности конечного изделия. Существующие решения либо привязаны к продукту одного производителя, либо не обеспечивают верификацию результатов моделированием. В связи с этим актуальна разработка специализированного программного обеспечения, объединяющего базу данных компонентов с расчетными алгоритмами.

На основе анализа структуры следящего электропривода выделены ключевые информационные объекты: электродвигатель, редуктор и датчик обратной связи (энкодер). Для каждого объекта определены атрибуты, включающие технические, геометрические и стоимостные характеристики. В результате спроектирована реляционная база данных в СУБД PostgreSQL, включающая 9 таблиц: основные таблицы компонентов (двигатели, редукторы, энкодеры) и справочные таблицы (производители, типы).

Разработаны алгоритмы автоматизированного подбора компонентов на основе методики энергетического и теплового расчёта [1]. Подбор двигателя осуществляется по ближайшему значению номинальной мощности к расчётному; редуктора – по передаточному отношению с проверкой ограничений по максимальному моменту и скорости; энкодера – по минимально допустимой разрешающей способности, обеспечивающей требуемую точность позиционирования. Исходными данными служат максимальные угловая скорость и ускорение, статический момент и момент инерции, допустимая погрешность привода, а также относительная длительность переброски.

На основе разработанной структуры базы данных и алгоритмов реализован прототип программного обеспечения. Прототип включает:

- графический интерфейс для отображения таблиц, ввода исходных данных и вывода результатов расчета электропривода;
- модуль взаимодействия с базой данных для выборки компонентов;
- расчетный модуль, выполняющий энергетический расчет и подбор двигателя, редуктора и энкодера;

Проведена тестовая проверка прототипа на модельных данных, подтвердившая корректность работы алгоритмов подбора.

Дальнейшая работа направлена на расширение базы данных компонентами различных производителей, интеграцию с MATLAB/Simulink для верификации динамических режимов и синтез системы управления.

Библиографический список:

1. Электрические приводы роботов и мехатронных устройств: учебное пособие / Ю. В. Илюхин, А.А. Зеленский. – М.: ФГБОУ ВО МГТУ «СТАНКИН», 2020. – 440 с.: ил.

РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКОГО СТЕНДА

Мироненко А.Ю.

Научный руководитель: Стебулянин М.М. – д.т.н., профессор

Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»

Современные исследования БПЛА требуют получения достоверных данных о силовых характеристиках, формируемых движительной системой. Основные сложности измерения малых изменений сил заключаются в наличии шумов и динамических воздействий [1]. В связи с этим актуальной задачей является разработка измерительного тракта, обеспечивающего преобразование механических нагрузок в цифровые данные с высокой точностью [2].

Целью работы является разработка измерительного тракта тензометрического стенда, обеспечивающего регистрацию силовых характеристик БПЛА с последующей обработкой данных в среде MATLAB [3].

В рамках исследования смоделирован измерительный тракт, включающий тензометрические датчики с мостовой схемой, усилительный каскад на операционных усилителях с компенсацией смещения и фильтрацией, а также микроконтроллер STM32 для оцифровки и передачи данных. Программная обработка в среде MATLAB обеспечивает приём сигналов в реальном времени, их синхронизацию, фильтрацию методом усреднения и запись результатов, что позволяет снизить влияние шумов и повысить точность измерений [3].

В результате работы разработан измерительный тракт тензометрического стенда, обеспечивающий преобразование механических воздействий в цифровые данные с требуемой точностью. Полученные результаты могут быть использованы при проведении экспериментальных исследований силовых характеристик БПЛА и дальнейшей верификации математических моделей.

Библиографический список:

1. Зудин В. Л., Жуков Ю. П., Маланов А. Г. Датчики: измерение перемещений, деформаций и усилий. — М.: Юрайт, 2024.
2. Клокова Н. П. Тензорезисторы: теория, методики расчёта, разработки. — М.: Машиностроение, 1990.
3. MATLAB Documentation. Signal Processing and Data Acquisition. — MathWorks, 2024.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ПРИВОДА МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ, УПРАВЛЯЮЩЕГО КОНФИГУРАЦИЕЙ СИСТЕМЫ РУЛЕВЫХ ВИНТОВ БПЛА ВО ВРЕМЯ ПОЛЁТА

Молчанов А.Д.

Научный руководитель: Стебулянин М.М. – д.т.н., доцент

Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»

В современной беспилотной авиации актуальной задачей является разработка многофункциональных аппаратов с изменяемой в полёте конфигурацией. В рамках данного исследования рассматривается архитектура мультироторного БПЛА, оснащённого подвижными рулевыми винтами, способными изменять вектор тяги на 90° . Это позволяет беспилотнику переходить из компактного режима взлёта-посадки в энергоэффективный крейсерский полёт. Для осуществления поворота силовой установки рассматривается использование рычажного механизма на базе линейного актуатора (рис. 1).

Целью работы является проведение энергетического расчёта электропривода рассматриваемого поворотного механизма и определение оптимальных конструктивных значений установки актуатора на БПЛА [1]. Расчёт опирается на уравнение динамики поворотного звена [2].

Моделирование динамики механизма проводилось в среде MATLAB Simulink при заданных значениях конструктивных постоянных и времени переходного процесса T . В результате анализа двух схем расположения привода была установлена эффективная конфигурация, для которой максимальное требуемое усилие составило 66.5 Н, а пиковая скорость штока – $136.5 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$ (при времени переходного процесса $T = 3$ с).

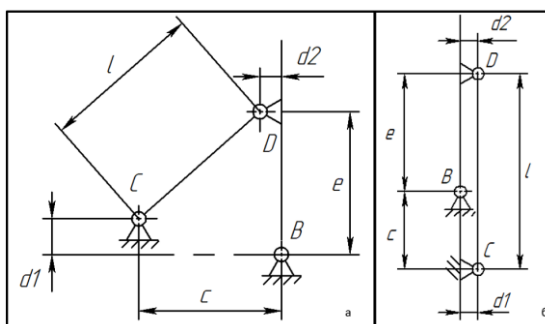


Рис. 1. Кинематические схемы рычажных механизмов на базе линейных приводов: а – конфигурация с внутренним расположением привода; б – конфигурация с наружным (внешним) расположением привода

Опираясь на полученные динамические характеристики, для реализации узла подобраны несколько коммерческих линейных приводов, для которых проведено повторное моделирование системы с учётом их паспортных параметров. Это позволило подтвердить возможность использования актуатора для поворотного механизма.

Библиографический список:

1. Гуляев, И. В. Сравнительный обзор синхронного двигателя с постоянными магнитами и бесколлекторного двигателя постоянного тока при непосредственном управлении моментом / И. В. Гуляев [и др.] // Научно-технический вестник Поволжья. – 2015. – № 6. – С. 123–128.
2. Лысухо, Г. В. Квадрокоптер: динамика и управление / Г. В. Лысухо, А. Л. Масленников // Политехнический молодежный журнал. – 2020. – № 5. – С. 46.

ПОДЧИНЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ ПОДВОДНОГО И НАДВОДНОГО АППАРАТОВ, СВЯЗАННЫХ КАБЕЛЕМ

Наумчик Т.Г.

Научный руководитель: Стебулянин М.М. – д.т.н., профессор

Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»

Подводные аппараты (AUV, ROV, UUV) широко используются для исследования экосистем, мониторинга сооружений и поисково-спасательных работ. Управление ими затруднено из-за нелинейной гидродинамики, воздействия течений и волн, а также неполноты сенсорной информации. Классические ПИД-регуляторы не обеспечивают устойчивости в таких условиях. Применение нечёткой логики (Fuzzy Logic) позволяет компенсировать возмущения и обеспечивать плавность движения.

Цель работы – разработка и исследование метода кооперативного управления системой USV–UUV с учётом натяжения соединительного кабеля.

Задачи: анализ существующих методов управления и их ограничений; реализация модели в MATLAB/Simulink; разработка ПИД-регулятора; моделирование движения с учётом геометрии и динамики аппарата; оценка эффективности и устойчивости системы при внешних возмущениях.

Алгоритм системы управления представлен на рисунке 1:

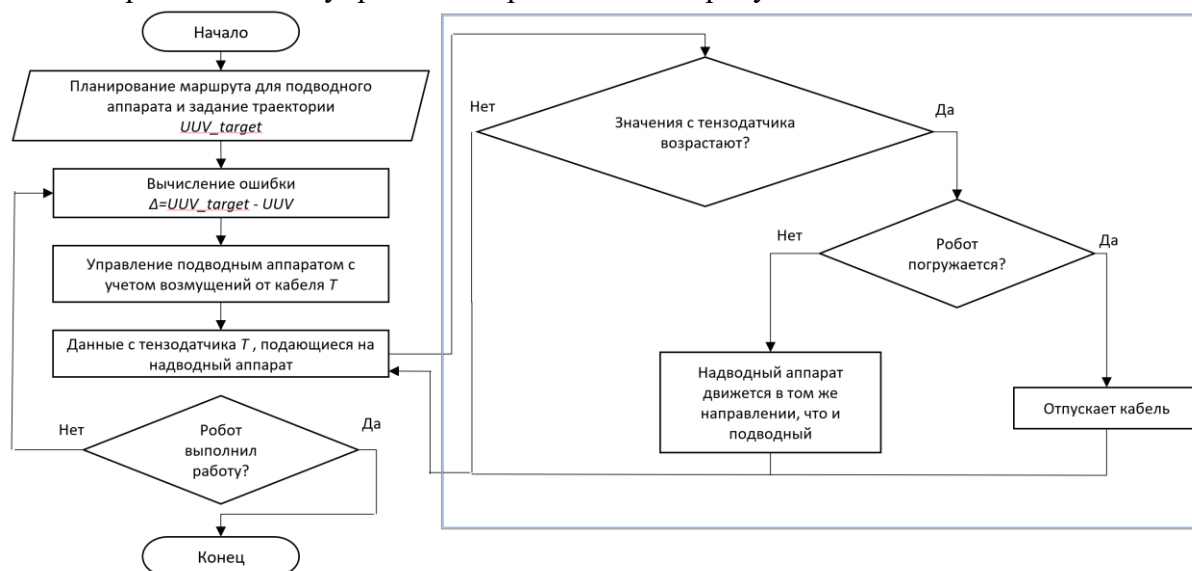


Рис. 2. Алгоритм системы подчиненного управления движением подводного и надводного аппаратов, связанных кабелем

Библиографический список:

1. Zhilenkov A., Chernyi S., Firsov A. Autonomous Underwater Robot Fuzzy Motion Control System with Parametric Uncertainties // Designs. – 2021. – Vol. 5, No. 1. – P. 24. – DOI: 10.3390/designs5010024.
2. Xiong Y., Pan L. Motion Control and Path Optimization of Intelligent AUV Using Fuzzy Adaptive PID and Improved Genetic Algorithm // Mathematical Biosciences & Engineering. – 2023. – Vol. 20, No. 5. – P. 8620–8638. – DOI: 10.3934/mbe.2023404.
3. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 736 с. (или без указания страниц, если точное число неизвестно – по требованию заявки можно опустить).

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МОБИЛЬНОГО РОБОТА С УЛЬТРАЗВУКОВЫМИ СЕНСОРАМИ ДЛЯ ПОИСКА ПУТИ В НЕИЗВЕСТНОЙ СРЕДЕ И ИССЛЕДОВАНИЯ АРТЕФАКТОВ ДАТЧИКОВ

Сизов К.В.

**Научный руководитель: Пряничников В.Е. – д.т.н., профессор
Кафедра сенсорных и управляющих систем МГТУ «СТАНКИН»**

Разработка автономных мобильных роботов, способных функционировать в неизвестной среде, требует решения комплекса задач, связанных с восприятием окружения, построением карты и навигацией. Ключевую роль при этом играют сенсорные системы, в частности ультразвуковые датчики, широко применяемые благодаря низкой стоимости и надёжности. На этапе проектирования сложно предсказать, как взаимное расположение датчиков на корпусе робота и возникающие при их работе артефакты повлияют на качество построения карты и успешность навигации. Экспериментальная отработка этих вопросов на физическом прототипе требует значительных временных и материальных затрат.

В качестве среды для виртуального моделирования выбрано программное обеспечение Webots, поскольку оно имеет развитые средства визуализации и открытую архитектуру. В работах [1, 2] демонстрируются возможности Webots для решения конкретных задач: планирования траектории методом А* и реализации SLAM-алгоритмов. Однако данные исследования ориентированы на проверку конечных алгоритмов навигации и не предусматривают анализа артефактов датчиков.

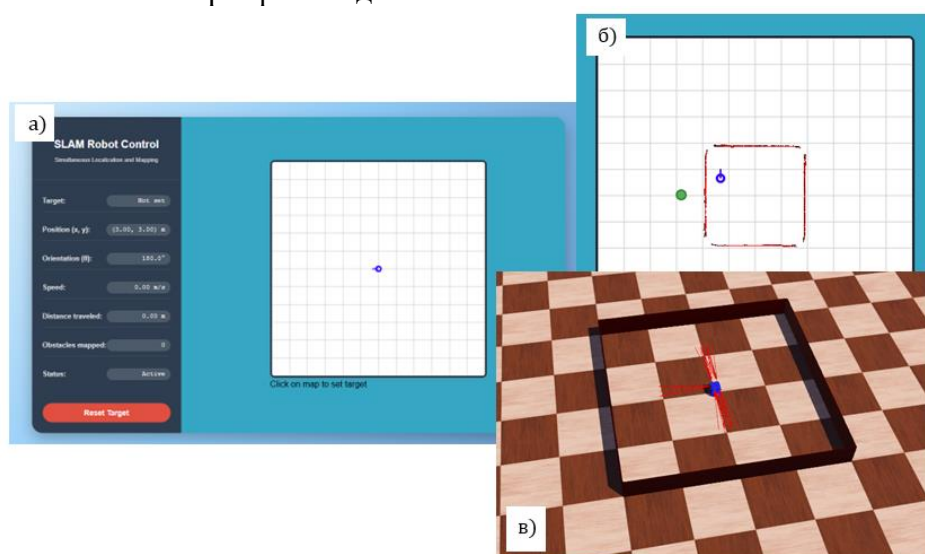


Рис. 1. Математическая модель в среде webots: а) интерфейс с оператором; б) карта, отрисованная роботом; в) исходное положение робота в мире

Библиографический список:

1. Vargas G. A., Rubiano O. G., Castillo R. A., Avilés O. F., Mauledoux M. F. Simulation of e-puck path planning in Webots // International Journal of Applied Engineering Research. 2016. Vol. 11, No. 19. P. 9772–9775.
2. Priyadharshini S., Venkatesh S., Ramkumar K., Amirtharajan R., Thanikaiselvan V., Mahalingam H. SLAM (Simultaneous localisation and mapping) Using E-PUCK Robot In Webots Software // 2023 2nd International Conference on (ViTECoN). 2023. P. 1–5. DOI: 10.1109/ViTECoN58111.2023.10157295.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Фехун А. Йема

Научный руководитель: Соколов В. А. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Этот проект посвящён созданию автономного мобильного робота для теплового и визуального осмотра внутренних распределительных пунктов (СН/НН). Цель — автоматизировать и сделать более экономичным решение задачи навигации в ограниченном пространстве, где находятся трансформаторы и коммутационные шкафы, а также существуют высокие риски, такие как электрическая дуга и замкнутые пространства. Наш проект предлагает специализированную мобильную платформу, сочетающую высокую манёвренность, встроенные датчики для диагностики этих распределительных пунктов.

Аппаратная архитектура основана на шасси с четырьмя колесами Mecanum, что позволяет двигаться в любом направлении (поворот на месте, движение вбок) — это очень важно в тесных пространствах. Двигатели — это бесщеточные моторы постоянного тока, управляемые микроконтроллером STM32 для точного контроля. На платформе установлены датчики: тепловизор FLIR для обнаружения перегретых участков (аномальный нагрев соединений), HD камера для осмотра и считывания показаний приборов, а также 2D-лидар и инерциальный измерительный блок для навигации и построения карты с помощью SLAM. Основной вычислительный блок — это NVIDIA Jetson, который выполняет алгоритмы компьютерного зрения и искусственного интеллекта.

Программная архитектура использует фреймворк ROS 2 и построена в виде специализированных узлов (восприятие, диагностика, навигация, нижний уровень управления, контроль), которые обмениваются данными через стандартизированные темы. Такая модульность позволяет вести разработку поэтапно и даёт большую гибкость. Основные требования к системе: время работы без подзарядки — 2 часа, возможность преодолевать небольшие препятствия, точность навигации ± 5 см и надёжность обнаружения тепловых аномалий выше 90 %.

В заключение, этот проект предлагает инновационное, экономичное и адаптированное решение для автоматизации осмотра электрических пунктов. Он превращает обслуживание из ручного и реактивного в автоматизированное и прогнозируемое, что значительно повышает безопасность персонала и надёжность сетей.

Библиографический список:

1. Boston Dynamics. *Spot – Agile Mobile Robot*. Documentation technique, 2023. <https://bostondynamics.com/products/spot/>
2. Mobile Robot for Power Substation Inspection: A Survey Shou-Yin Lu, Member, ACC, Ying Zhang, and Jian-Jun Su, Member, CSEE.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ПРОЦЕССОРА ПК С ТЕРМОСИФОННОЙ СИСТЕМОЙ ОХЛАЖДЕНИЯ

Аллахвердов А.Г

Научный руководитель: Замятин А.В. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Современные процессоры персональных компьютеров характеризуются высокой плотностью тепловыделения, что требует применения эффективных и надёжных систем охлаждения. Перспективным решением является термосифон, обеспечивающий перенос теплоты от локального источника к удалённому конденсатору за счёт фазовых превращений рабочего тела.

В работе рассматривается термосифонная система охлаждения процессора ПК, включающая медный испаритель, паровые и конденсатную линии, а также конденсатор на базе оребрённых медных труб промышленного изготовления. Такой подход позволяет использовать серийные элементы, упростить изготовление и опереться на существующую нормативно-техническую базу.

Полнофизическое моделирование процессов кипения и конденсации в замкнутом термосифоне является сложной вычислительной задачей. Поэтому предложен инженерный комбинированный подход: внутренний двухфазный перенос учитывается эквивалентно, а численное моделирование в SolidWorks Flow Simulation применяется для анализа температурных полей конструкции и теплоотдачи конденсатора в окружающий воздух.

Разрабатываемая информационно-измерительная система основана на цифровом прототипировании и виртуальных измерениях в характерных точках: в зоне контакта процессора с испарителем, на испарителе, на конденсаторе и в окружающей среде. На основе результатов моделирования рассчитываются максимальная температура процессора, тепловое сопротивление системы охлаждения и температурный запас.

В качестве рабочего тела рассматривается вода. Для диапазона температур насыщения 60–80 °С абсолютное давление в системе должно находиться примерно в пределах 20–47 кПа, что определяет требования к вакуумированию и герметичности. Практическая значимость работы состоит в разработке методики предварительного проектирования термосифонной системы охлаждения и её информационно-измерительного сопровождения до изготовления физического прототипа.

Библиографический список:

1. Буянов О.Н., Архипова Л.М. Таблицы вода и водяной пар. СПб.: Профессионал, 2007.
2. Кузнецов Г.В., Нурпеис А.Е. Математическое моделирование температурных полей в характерных сечениях рабочей зоны замкнутого двухфазного термосифона // Вестник Тюменского государственного университета. 2018. Т. 4. № 1. С. 8–22.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Анисимов Н.Д.

Научный руководитель: Емельянов П.Н. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Космические аппараты – искусственные спутники Земли – имеют в своем составе элементы и узлы, пространственное положение которых необходимо менять в процессе работы (например, антенные блоки, блоки солнечных батарей и т.п.) Изменение положения блоков осуществляется с помощью приводов и сопровождается циклами разгона и торможения. В период этих циклов блоки и их приводы оказывают возмущающие воздействия на космический аппарат, находящийся в невесомости и в безвоздушном пространстве. Поэтому возмущающие воздействия приводят к изменению заданной пространственной ориентации космического аппарата.

В данной работе проводились экспериментальные исследования динамических возмущающих воздействий антенного блока модуля дистанционного зондирования Земли, передаваемых на корпус космического аппарата. Исследования проводились с помощью испытательного комплекса, основой которого является силоизмерительная платформа, которая способна измерять усилия, действующие вдоль трех декартовых координатных осей, а также три момента вращения вокруг этих осей.

Первичными измерительными преобразователями силоизмерительной платформы являются четыре пьезоэлектрических датчика силы, расположенные вблизи четырех углов стола платформы. Каждый датчик является трехкомпонентным датчиком силы, т.е. содержит три пьезоэлемента и измеряет силы, направленные вдоль трех декартовых координатных осей.

В результате проведенных исследований получены графические зависимости и определены динамические параметры привода антенного блока в различных режимах его функционирования: кинетический момент, момент инерции, неравномерность вращения, уровень остаточного дисбаланса. Предложены алгоритмы управления приводом, минимизирующие возмущающие воздействия, передаваемые на корпус космического аппарата. С целью дальнейшего снижения возмущающих воздействий, было предложено добавить в конструкцию привода антенного блока маховик-компенсатор, который имеет направление вращения, противоположное приводу антенного блока. Показано, что в режиме разгона антенного блока использование маховика-компенсатора снижает максимальное значение импульса момента силы с 5,7 Н м с до 2 Н м с, а в режиме торможения – с 5,5 Н м с до 1,4 Н м с.

Таким образом, результаты экспериментальных исследований могут быть использованы для оценки возмущений, действующих на космический аппарат со стороны электроприводов устройств дистанционного зондирования Земли, а также для выбора режимов функционирования и законов управления приводами, обеспечивающих требуемый уровень возмущающих воздействий, передаваемых на корпус космического аппарата.

Библиографический список:

1. Аронзон А.Н., Блинников Д.Н., Кроль И.А. Программно-аппаратное обеспечение измерений характеристик автоматизированных электроприводов // Труды ВНИИЭМ. – М.: Т. 101. 2004

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ РЕЗЬБОВЫХ КАЛИБРОВ

Бабенков Д.А.

Научный руководитель: Педь С.Е. – ст. преподаватель

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Резьбовые калибр-пробки являются основным средством контроля качества резьбовых соединений в машиностроении и приборостроении, их контроль требует высокой точности при измерении как наружного, так и среднего диаметра, которая в большинстве случаев обеспечивается методом трех проволочек с использованием плоскопараллельных концевых мер длины. Подбор номиналов мер и диаметра проволочек традиционно выполняется вручную по нормативной документации (МИ 1904-88, ГОСТ 24997-2004), что занимает от 3 до 5 минут на один типоразмер и создает риск как ошибок при подсчете, так и ошибки из-за человеческого фактора (невнимательность, спешка).

В рамках данной работы разработан инструмент на базе Microsoft Excel, позволяющий автоматизировать этот процесс. Метролог вводит 7 параметров метрического калибра: номинальный диаметр, шаг резьбы, степень точности (6, 7, 8 и др.), основное отклонение (H, h, g и др.), тип калибра (проходной/непроходной), направление резьбы (правая/левая) и вид контроля (первичный/периодический). На основе встроенных справочных массивов программа рассчитывает номинальный размер блока КМД, подбирая оптимальный состав блока из выбранного набора мер (минимизируя количество составляющих) и предлагает идеальный диаметр измерительных проволочек по ГОСТ 2475-88, оптимальный для данного шага резьбы.

Результатом работы инструмента является мгновенная выдача:

- блока концевых мер для измерения наружного и среднего диаметра (например, «1,12 + 1,5 + 50»);
- рекомендуемого диаметра проволочек;
- верхнее и нижнее отклонение допуска, в зависимости от блока КМД.

Внедрение разработки в метрологической лаборатории позволило сократить время контроля с 3–5 минут до 1–1,5 минуты на один калибр, исключить арифметические ошибки и ошибки считывания табличных данных, минимизировать влияние человеческого фактора и унифицировать действия персонала. Инструмент не требует приобретения специализированного ПО и может быть тиражирован в любой метрологической службе.

Библиографический список:

1. ГОСТ 24997-2004. Калибры для метрической резьбы. Допуски. - М.: Стандартинформ, 2005. - 5-29 с.
2. МИ 1904-88. ГСИ. Калибры резьбовые. Методика контроля. - М.: Издательство стандартов, 1989. - 2-59 с.

КИБЕРФИЗИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ СИНТЕЗОМ ОТВЕРДИТЕЛЕЙ

Бондарчук Д.Ю.

Научный руководитель: Пимушкин Я.И. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Современное производство полимерных композиционных материалов (ПКМ) предъявляет высокие требования к стабильности отвердителей, от которых зависят механические и адгезионные свойства конечных изделий. Ключевым этапом является реакторная стадия синтеза, где протекают экзотермические реакции. Основной причиной брака (до 20–30% партий) остаются отклонения температурного режима, неравномерность перемешивания и отсутствие комплексного многопараметрического контроля.

Целью работы является проектирование киберфизической системы (КФС) для мониторинга и управления реакторной стадией производства аминных отвердителей, обеспечивающей снижение доли брака за счет интеграции онлайн-сенсоров, цифровой модели реакции и алгоритмов предиктивного регулирования.

В ходе исследования изучены физико-механические свойства систем на основе эпоксидной смолы NPEL-128 с отвердителями Jeffamine D230, Telalit 0903 и IPOX 2042. Установлено, что наибольшая прочность (до 315 МПа на растяжение, до 500 МПа на изгиб) достигается при использовании Jeffamine D230. Определены оптимальные характеристики отвердителей, которые легли в основу целевых параметров управления.

Оптимальные характеристики отвердителей:

вязкость 14–545 сР; адгезия 4,1–4,4 МПа; прочность при растяжении 290–315 МПа; прочность при изгибе 400–500 МПа.

Разработана трёхуровневая архитектура КФС: Физический уровень – датчики температуры ($\pm 0,5^\circ\text{C}$), давления, вязкости, pH, расхода (протоколы Modbus TCP, OPC UA); Кибернетический уровень – цифровая модель реактора на основе теплового баланса и кинетики реакции; Управляющий уровень – промышленный контроллер Siemens S7-1500 с алгоритмом модельно-предиктивного управления (MPC) и SCADA-визуализацией.

Результаты численного моделирования показали, что внедрение КФС обеспечивает: среднеквадратичное отклонение температуры $\pm 0,4^\circ\text{C}$ (против $2,1^\circ\text{C}$ для ПИД); снижение вариабельности вязкости между партиями с 25% до 18%; сокращение времени выхода на режим с 45 до 25 мин; снижение доли брака на 30%.

Разработанная киберфизическая система формирует цифровой двойник технологического процесса, позволяет прогнозировать отклонения и корректировать параметры в реальном времени без реконструкции оборудования, что соответствует принципам Industry 4.0.

Библиографический список:

1. Пимушкин Я.И., Бондарчук Д.Ю. Исследование влияния отвердителя на физико-механические свойства композиционных материалов // Научный прогресс и устойчивое развитие. Владивосток, 2025. С. 125–130.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СТАТИСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Буруханов Д.И.

Научный руководитель: Замятин А.В. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

В производстве полимерных изделий ключевой задачей является стабильность технологического процесса по массе продукции. Существующие методы эпизодического контроля не позволяют своевременно компенсировать погрешности от износа оборудования или неоднородности сырья, что ведет к браку.

Предложена методика статистического регулирования для обеспечения точности изготовления изделий из полипропилена. Процесс рассматривается как дискретный случайный процесс с монотонной и коррелированной составляющими отклонений.

Для компенсации разработано два алгоритма коррекции. Регулирующее воздействие формируется как средневзвешенная сумма отклонений с весами, учитывающими корреляционную функцию процесса.

Оптимизация параметров проведена через имитационное моделирование партии из 1000 изделий. Минимальное суммарное отклонение (82,5 г) достигнуто при сплошной подналадке с учетом коэффициента корреляции. Для полуавтоматического производства рационален пороговый метод с границей 60 г, обеспечивающий отсутствие брака при снижении числа подналадок.

Таблица 1.

Оценки показателей качества вариантов подналадок

Вариант	Точность $m_z + 3\sigma_z$	Наличие брака	N измерений	Априорн. информ.	Число подн.
Сплошная	86	0	999	нет	999
Пороговая	100	0	999	нет	91

Таким образом, разработанные рекомендации позволяют адаптировать систему статистического регулирования к конкретным условиям производства, обеспечивая требуемую точность и экономическую эффективность процесса выплавки.

Библиографический список:

1. Николаев Ю.Л., Козина А.Н., Шуляковский А.А. Анализ эффективности последовательного сплошного контроля и регулирования дискретных процессов механической обработки. М.: Труды МНТК, 2008.
2. Р 50-601-19-91. Рекомендации. Применение статистических методов регулирования технологических процессов.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ЛИР-15

Буряков М.А.

Научный руководитель: Педь С.Е. – ст. преподаватель

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Современные измерительные системы играют ключевую роль в промышленности, научных исследованиях и метрологии, обеспечивая точность контроля геометрических параметров и качества продукции. Одним из широко применяемых устройств в данной области является оптоэлектронный инкрементный измеритель со штоком ЛИР-15, предназначенный для высокоточного определения линейных перемещений. Для работы с данным измерителем используется устройство цифровой индикации (УЦИ) ЛИР-510.

Устройство цифровой индикации (УЦИ) предназначено для совместной работы с оптоэлектронными растровыми преобразователями линейных или угловых перемещений. Оно осуществляет обработку и визуализацию информации о перемещении контролируемого объекта.

Целью данной работы является разработка программного модуля для подключения ЭВМ к УЦИ ЛИР-510 через интерфейс RS-232 и последующей обработкой результатов измерений для получения контролируемых параметров деталей машин.

УЦИ ЛИР-510 передает байты, как показано в таблице 1.

Таблица 1.

Формат передачи					
0Ah	87h	31h	45h	01h	0Bh
Синхробайт	Координата по оси X				Синхробайт
	X= 1453187				

Таким образом выяснилось, что УЦИ передает информацию в виде 6-ти байт в HEX-коде, где первый и последний байты это синхронизирующие, а 2-4 это само значение, в шестнадцатеричной системе счисления.

В программном модуле передаваемая информация определяет значения измеряемого перемещения по синхронизирующим байтам. В программном модуле реализованы задачи измерения линейных размеров прямым и относительным методами, радиального и торцевого биений, отклонений от прямолинейности и плоскостности.

Библиографический список:

1. Устройство цифровой индикации ЛИР-510, ЛИР-520, ЛИР-530: паспорт и инструкция по эксплуатации: ЛИР-510.000 ПС, ЛИР-520.000 ПС, ЛИР-530.000 ПС / Открытое акционерное общество "СКБ ИС". — Санкт-Петербург: [б. и.], [б. г.]. — 40 с.
2. Преобразователи линейных перемещений фотоэлектрические ЛИР-14, ЛИР-15, ЛИР-17, ЛИР-19А, ЛИР-ДА13Б: описание типа средства измерений / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии; ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМС». — Москва: [б. и.], 2013. — 5 с.

РАЗРАБОТКА МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ АКСЕЛЕРОМЕТРА В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Васильев Д.И.

Научный руководитель: Мастеренко Д.А. – д.т.н., профессор

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Виброакустическая диагностика является эффективным средством контроля технического состояния промышленного оборудования. Анализ сигналов акселерометров позволяет выявлять изменение режимов работы механизмов, фиксировать развитие дефектов и повышать надёжность эксплуатации технических систем. В условиях промышленной автоматизации особый интерес представляют компактные встроенные устройства, способные выполнять сбор и предварительную обработку данных непосредственно в месте измерения.

В работе разработана микроконтроллерная система обработки данных акселерометра в реальном времени, предназначенная для многоканального приёма виброакустических сигналов, их оцифровки, цифровой фильтрации и передачи обработанных данных на персональный компьютер. В качестве аппаратной платформы использована отладочная плата NUCLEO-F302R8 на базе микроконтроллера STM32F302R8 со встроенным 12-разрядным АЦП. Система реализует работу с четырьмя каналами съёма данных с частотой дискретизации до 10 кГц на канал, включает согласующее усилительное звено, средства буферизации на основе DMA и модуль передачи данных на внешний вычислительный узел.

В ходе работы сформирована структурная схема устройства и реализован алгоритм функционирования системы, включающий опрос каналов, буферизацию, цифровую фильтрацию и расчёт информативных параметров сигнала. Получен программно-аппаратный макет, обеспечивающий устойчивый приём и обработку сигналов с четырёх измерительных каналов в реальном времени. Экспериментальная проверка подтвердила работоспособность выбранной архитектуры, возможность выделения амплитудных и энергетических характеристик вибросигнала на уровне микроконтроллера и целесообразность применения такого решения для задач автономного вибромониторинга.

Библиографический список:

1. Григорьев С. Г., Козочкин М. П., Мастеренко Д. А. Акустический мониторинг технологических процессов обработки материалов концентрированными потоками энергии. — М.: Издательские решения, 2024. — 187 с.
2. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. — М.: Мир, 1978. — 848 с.
3. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. — М.: Техносфера, 2006. — 856 с.
4. STMicroelectronics. STM32 Nucleo-64 boards (MB1136): user manual. — Geneva: STMicroelectronics, 2024. — 57 с.
5. STMicroelectronics. STM32F302x6/x8 advanced Arm-based 32-bit MCUs: reference manual. — Geneva: STMicroelectronics, 2024. — 321 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИК ИЗМЕРЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЯ ОТ КРУГЛОСТИ С ПОМОЩЬЮ КРУГЛОМЕРА

Ватутин А.В.

Научный руководитель: Глубокова С.В. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

В современном машиностроении, приборостроении и других отраслях промышленности точность изготовления изделий играет ключевую роль. Отклонение формы профиля детали от заданной формы может существенно повлиять на функциональные характеристики, надежность и срок службы продукции. Целью данной работы является повышение точности измерения отклонения от круглости на кругломере.

Наиболее распространенным средством измерения отклонения от круглости является кругломер. Перед измерением деталь базируется на предметном столе средства измерения и затем с помощью программного обеспечения происходит ее центрирование относительно шпинделя прибора. Имеется возможность выбора разных режимов настройки прибора для последующего измерения. К ним относят выбор базовой окружности для отсчета отклонения – прилегающая, средняя окружности и окружность минимальной зоны и типы фильтров – Гаусс 50% и Гаусс 75%.

В экспериментальной части работы были проведены измерения отклонения от круглости для образцовой образцовой детали с лыской. Исследовалась зависимость значений отклонения от круглости от выбора базовой окружности для определения отклонения и от выбранного типа фильтра. Результаты измерений представлены на рис. 1.

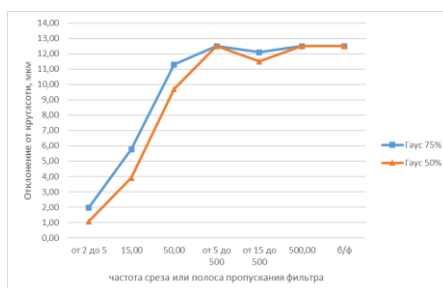


Рис. 1. Значение отклонения от круглости

Результаты исследования показали, что при выборе окружности минимальной зоны в качестве базы для отсчета результаты измерения отклонения от круглости имеют наименьшие значения. При использовании фильтра Гаусс 50% результаты измерения имеют меньшие значения по сравнению с применением фильтра Гаусс 75%. При наличии высокочастотных компонентов в измерительном сигнале результаты измерения отклонения от круглости близки к значению отклонения от круглости для образцовой детали.

Библиографический список:

1. Взаимозаменяемость и нормальные точности в машиностроении: учеб. пособие / С.В. Глубокова; Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН» – Москва: Изд-во Янус-К, 2023. – 332 с. – ISBN 978-5-0880-3.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ПОВОРОТНЫХ СТОЛОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Власов А.Р.

Научный руководитель: Емельянов П.Н. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Оснащение измерительных приборов поворотными столами расширяет их функциональные возможности. При наличии поворотного стола за счет поворотов измеряемой детали в процессе измерения можно сократить длину необходимых перемещений по другим координатным осям, что уменьшает погрешность измерения и уменьшает время измерительного цикла. Как правило, в качестве направляющих вращательного движения в поворотных столах используют направляющие скольжения или аэростатические. Целью данной работы являлось исследование погрешности формы траектории вращения поворотного стола в сравнении с погрешностями формы базовых сопрягаемых поверхностей и проявления эффекта сглаживания неровностей при сопряжении поверхностей. Исследования проводились на примере накладного поворотного стола измерительного микроскопа ИМЦЛ 100х50. Погрешность круговой траектории данного стола зависит от погрешностей формы сопрягаемых поверхностей двух основных деталей стола – основания стола и поворотного диска стола. Эти детали сопрягаются как по цилиндрическим поверхностям с номинальным диаметром 130 мм и высотой 4 мм, так и по плоским поверхностям, имеющим кольцевую форму с диаметрами 130 мм и 145 мм. Погрешность круговой траектории поворотного стола также зависит от зазора в сопряжении данных деталей по цилиндрическим поверхностям. В работе проведены измерения отклонений формы каждой из двух цилиндрических сопрягаемых поверхностей и двух плоских сопрягаемых поверхностей. Затем проведено измерение отклонения формы круговой траектории вращения стола в сборе. Измерения проводились с помощью координатно-измерительной машины, а также кругломера.

Измерения показали:

- погрешность траектории вращения поворотного стола, основанного на направляющих скольжения, меньше, чем сумма максимальных погрешностей формы сопрягаемых поверхностей элементов направляющих. Проявляется эффект сглаживания неровностей при сопряжении поверхностей.
- влияние на погрешность траектории вращения радиального зазора в цилиндрическом сопряжении, равного 30 мкм, снижено за счет его заполнения смазкой.
- выявлены недочеты в конструкции пластины - узкие перемычки между краем отверстия и краем пластины вдоль ее длинной стороны, что вызывает ее деформацию, приводящую к искажению формы поверхностей отверстия, сопрягаемых с поворотным диском (прогиб около 7 мкм на плоской торцевой поверхности и овальность 15 мкм на цилиндрической сопрягаемой поверхности).

Библиографический список:

1. Координатно-измерительные машины для контроля тел вращения [Текст]: монография / Б.С. Бражкин [и др.]. – М.: [б. и.], 2012. – 207 с. – Библиогр.: – 1000 экз. – ISBN 978-5-905823-08-4 Бражкин, Б.С.; Исаев, Н.И.; Кудинов, А.А.; Миротворский, В.С.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Волков П.В.

Научный руководитель: Емельянов П.Н. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

В настоящее время в сфере деятельности предприятия АО НПЦАП особое внимание уделяется созданию высокоточной испытательной аппаратуры для устройств обмена (УО) систем управления. Изделие измерителя периодических сигналов (ИПС) является ключевым функциональным блоком данной аппаратуры, предназначенным для регистрации, обработки и хранения данных, поступающих от устройств обмена. Точность функционирования блока непосредственно влияет на достоверность испытаний всего испытательного комплекса.

Согласно действующим техническим условиям и конструкторской документации для изделия ИПС нормируется ряд основных технических параметров. Устройство должно регистрировать импульсные сигналы с частотами от 8 МГц до 31,25 кГц (периоды от 125 нс до 32 мкс) с точностью регистрации временных интервалов прихода фронтов не менее 500 нс. Конструктивно изделие выполнено на двухслойной печатной плате старого образца и конфигурации установки в стойку испытательного комплекса.

В настоящем исследовании рассмотрен способ реализации модернизации блока ИПС на базе программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС), что обеспечивает возможность перепрограммирования. Такой подход позволяет гибко настраивать аппаратно-программный комплекс под различные задачи испытательной аппаратуры в рамках модернизации средств контроля.

Изложены результаты анализа технических требований к прибору, включая требования к конструкции, надёжности и метрологическому обеспечению. Часть требований носит характер ограничений по электропитанию: напряжение $3,3 \text{ В} \pm 0,1 \text{ В}$ (ток не более 0,2 А) и $5,0 \text{ В} \pm 0,5 \text{ В}$ (ток не более 0,3 А). Тепловыделение элементной радиоэлектронной базы (ЭРИ) не должно превышать 0,1 Вт, общая потребляемая мощность – не более 2 Вт. Погрешности измерения зависят от дискретизации времени (500 нс) и стабильности тактирования (8 МГц).

Разработана методика проверки технических параметров (работоспособности) изделия в нормальных климатических условиях с использованием специализированного программного обеспечения. Данная методика учитывает автоматическую и ручную проверку сигналов, контроль регистров и памяти блока.

Библиографический список:

1. Усанов, А. Е. Реверс-инжиниринг встраиваемых систем: практическое руководство / А. Е. Усанов. — Москва: ДМК Пресс, 2023. — 296 с.
2. Белоус, А. И. Основы конструирования высокоскоростных электронных устройств: краткий курс «белой магии»: монография / А. И. Белоус, В. А. Солодуха, С. В. Шведов; под общ. ред. А. И. Белоуса. — Москва: Техносфера, 2017. — 872 с.

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В АППАРАТАХ ИСКУССТВЕННОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ

Волкова А.В.

Научный руководитель: Замятин А.В. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Аппараты искусственного кровообращения применяются при проведении кардиохирургических операций для временного замещения функций сердца и лёгких. Одним из ключевых параметров безопасной работы таких систем является температура крови, определяющая интенсивность метаболических процессов организма пациента.

Особенность измерения температуры крови заключается в сложных условиях функционирования измерительных систем: высокой скорости кровотока, турбулентности среды, наличии электромагнитных помех и тепловой инерционности датчиков. Указанные факторы приводят к появлению статических и динамических погрешностей измерения.

В работе проведён анализ современных методов измерения температуры, применяемых в аппаратах искусственного кровообращения. Показано, что наибольшее распространение получили платиновые термометры сопротивления типа Pt100 благодаря высокой точности и стабильности характеристик.

Выполнен метрологический анализ измерительного канала температуры. Установлено, что суммарная погрешность определяется характеристиками датчика, электронной обработки сигнала и условиями установки чувствительного элемента.

На основе проведённого анализа разработана структура измерительного канала температуры крови.



Рис. 1. Структурная схема измерительного канала температуры

Библиографический список:

1. ГОСТ ИЕС 60571 - 2022. Термометры сопротивления платиновые: дата введения 27.01.2022. – Москва: Стандартинформ, 2022. – 52 с.
2. ГОСТ Р МЭК 60601-1-2022. Изделия медицинские электрические. Часть 1. Общие требования безопасности и основные характеристики: дата введения 01.07.2023. – Москва: Стандартинформ, 2022. – 332 с.
3. ГОСТ Р 8.625 – 2006. термометры сопротивления из платины, меди и никеля Общие технические требования и методы испытаний: дата введения 01.01.2008 – Москва: Стандартинформ, 2006. – 23 с.
4. Андрусевиц Анатолий, Губа Александр Термометры сопротивления: от теории к практике // Компоненты и технологии. - 2011. - №7. - С. 61-63.

РАЗРАБОТКА ПОСТПРОЦЕССОРНОГО МОДУЛЯ КОРРЕКЦИИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ПЯТИКООРДИНАТНОГО МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО СТАНКА

Восковищук Р.Р.

Научный руководитель: Пимушкин Я.И. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Целью работы является анализ существующих аппаратных решений для систем управления станками с ЧПУ и разработка архитектуры внешнего постпроцессорного модуля коррекции управляющих программ для пятикоординатной обработки, обеспечивающего минимальную латентность и высокую степень универсальности при интеграции с различными системами ЧПУ. Стандартные постпроцессоры САМ-систем реализуют преимущественно статическую адаптацию управляющего кода и не учитывают тепловые деформации, износ инструмента и кинематические погрешности оборудования. Существующие адаптивные решения (ICAM Adaptive, ModuleWorks, Vericut Force), как правило, интегрированы в САМ-среду либо характеризуются значительной вычислительной задержкой и закрытой архитектурой. В работах предложены методы повышения точности обработки, реализуемые на уровне САМ-системы, включая коррекцию траектории и параметров обработки. Однако указанные подходы ограничены программной реализацией, не предусматривают внешнюю аппаратную обработку управляющих программ и, как следствие, не обеспечивают коррекцию в режиме реального времени [1].

Предлагается реализация внешнего аппаратного модуля на базе ПЛИС Intel Cyclone IV, осуществляющего перехват, коррекцию и передачу G-кода в стойку ЧПУ через стандартные интерфейсы. Архитектура модуля основана на память-ориентированном подходе, предложенном в диссертационной работе Харькова М.А. [2]. Алгоритмическая часть включает выполнение матричных преобразований и вычисление корректирующих поправок с учётом текущих параметров процесса. За счёт аппаратной реализации обеспечивается время обработки одного кадра и суммарная задержка не более 15 мкс. Модуль поддерживает как статическую, так и динамическую коррекцию управляющих программ.

Библиографический список:

1. Вержаковская, М. А. Разработка постпроцессора для оптимизации работы на станках с числовым программным управлением / М. А. Вержаковская, В. Ю. Аронов, А. А. Слепнев // Научные технологии в космических исследованиях Земли. - 2019. - Т. 11. - № 2. - С. 40-50. - DOI: 10.24411/2409-5419-2018-10258.
2. Харьков, М. А. Высокопроизводительная система управления многокоординатными технологическими мехатронными объектами на основе память-ориентированного подхода и распределения вычислений: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.02.05 / Харьков Михаил Александрович; МГТУ «Станкин». - Москва, 2021. - 178 с.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРЕДСКАЗАНИЯ ДВИЖЕНИЯ КОНЕЧНЫХ ТОЧЕК МАНИПУЛЯТОРА НА ОСНОВЕ ВИДЕОПОТОКА СО СТЕРЕОКАМЕРЫ

Гильмияров А.В.

Научный руководитель: Мастеренко Д.А. – д.т.н., профессор

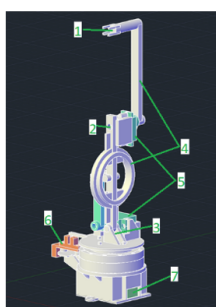
Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Системы, определяющие положение объектов в пространстве и предсказывающие дальнейшее их движение, необходимы для создания безопасных коллаборативных роботов. Внедрение таких систем позволяет предсказывать столкновение робота-манипулятора и человека, и в случае опасности приостановить работу или отвести рабочий орган робота в безопасную для человека зону.

В основу функционирования предлагаемой ИИС положен принцип стереозрения. Система с помощью стереокамеры определяет положение в пространстве светодиодов, отмечающих ключевые точки звена робота, по которым происходит отслеживание всего звена. По накопленной информации о траектории движения осуществляется прогнозирование будущих положений звеньев отслеживаемого объекта.

Для отладки системы создан макет робота-манипулятора (рис. 1).



Составные части манипулятора:

1. Гнездо светодиода рабочего органа
2. Гнездо светодиода оси перехода плеча манипулятора
3. Гнездо светодиода нулевой точки отсчета
4. Плечо манипулятора
5. Серводвигатели
6. Концевой выключатель
7. Шаговый двигатель

Рис. 1. 3D модель устройства манипулятора для отладки системы

Манипулятор передвигает светодиоды относительно первой оси первого звена. Координаты точек вычисляются по формулам

$$P_1 = (0 \ 0 \ 0)^T,$$

$$P_2 = M_z(M_{y_1} * (P_1 + (0 \ 0 \ l_1)^T)),$$

$$P_3 = P_2 + M_z M_{y_2} (0 \ 0 \ l_2)^T,$$

где P_1 – точка отсчета, P_2 – точка оси первого плеча, P_3 – точка рабочего органа, M_i – матрицы поворота осей, l_i – длина плеча. С рассчитанными значениями в дальнейшем сравниваются спрогнозированные значения координат ключевых точек, что позволяет судить об успешности прогнозирования.

Библиографический список:

1. Лазаренко, В. П. Метод определения пространственных координат в активной стереоскопической системе / В. П. Лазаренко, Т. С. Джамиев, В. В. Коротаев, С. Н. Ярышев // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2016. – № 1 (101). – С. 49–54.

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОВИЗИОННЫХ ПРИБОРОВ

Голдобин И.В.

Научный руководитель: Емельянов П.Н. – к.т.н., доцент

**Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ
«СТАНКИН»**

Тепловизионные приборы находят все более широкое применение в различных областях науки и техники. Принцип действия приборов этого типа основан на преобразовании излучения инфракрасного (ИК) диапазона в видимый диапазон длин волн излучения. Спектральный диапазон, в котором работают тепловизоры, определяется интервалами длин волн в области максимума энергии излучения наблюдаемых объектов в соответствующих окнах прозрачности атмосферы. Обычно это интервалы длин волн от 3,5 до 5,5 мкм или от 8 до 13,5 мкм. Современные тепловизоры позволяют обнаруживать объекты, имеющие температурные контрасты до десятых и даже сотых долей градусов, формируют изображение в телевизионном или близком к телевизионному стандартам и находят, в связи с этим широкое применение в промышленности, медицине и военном деле.

Принципиальная схема тепловизионного прибора включает в себя в общем случае следующие основные узлы: оптическую систему, формирующую изображение наблюдаемого объекта, оптоэлектронную матрицу анализатора изображения, электронную систему обработки сигнала, полученного с матрицы, устройство отображения и визуализации измерительной информации. Каждый из этих узлов характеризуется своими метрологическими характеристиками и источниками погрешности, вносящими свой вклад в суммарную погрешность прибора. Очевидно, что метрологические характеристики узлов, входящих в конкретную модель тепловизионного прибора должны быть взаимно согласованы.

Основными операциями определения метрологических характеристик тепловизионных приборов в соответствии с ГОСТ Р 8.619-2006 являются: определение угла поля зрения; определение пространственного (углового) разрешения; проверка диапазона и определение основной погрешности измерения радиационной температуры; определение порога температурной чувствительности; определение неравномерности чувствительности тепловизора по полю; определение сходимости показаний тепловизора.

Для определения метрологических характеристик должны использоваться тепловые тест-объекты, то есть эталонные (образцовые) излучатели, например, в виде щели с регулируемой шириной или в виде регулируемой круглой диафрагмы, а также эталонные (образцовые) излучатели, воспроизводящие заданную температуру. Также необходимы средства измерения длин и улов.

Так согласно ГОСТ Р 8.619-2006 эталонный (образцовый) излучатель для диапазона температур от минус 50 °С до плюс 80 °С должен иметь доверительную границу погрешности излучателя 0,6 °С при вероятности 0,95. Для диапазона от 0 °С до 2500 °С доверительная граница погрешности излучателя должна быть от 0,5 °С до 7,5 °С при вероятности 0,95.

Библиографический список:

1. Колючкин В. Я., Мосягин Г. М. Тепловизионные приборы и системы. Учебное пособие. М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002. 59 с. с илл.
2. Ллойд Дж. Системы тепловидения. – М.: Мир, 1978г.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ВИБРАЦИЙ СТАНКА

Жукова Д.А.

Научный руководитель: Пимушкин Я.И. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Цель исследования – проведение сравнительного анализа методов оценки вибраций металлорежущих станков, основанных на использовании акселерометров и пьезоэлектрических датчиков, с точки зрения их применимости для контроля динамического состояния оборудования и обеспечения точности обработки.

Анализ существующих работ показывает, что значительное внимание уделяется исследованию динамики технологической системы и влияния вибраций на процесс резания [1-3]. Вместе с тем в указанных исследованиях, как правило, рассматриваются отдельные методы измерений без их комплексного сопоставления, что затрудняет обоснованный выбор измерительного подхода для конкретных условий эксплуатации.

Предлагаемая концепция исследования основана на сопоставлении методов оценки вибраций не только по принципу действия, но и по совокупности метрологических и эксплуатационных характеристик, определяющих их практическую применимость. Рассматриваются два наиболее распространённых подхода (рис.1.): акселерометрический, основанный на регистрации вибрационного ускорения с использованием инерционных преобразователей, и метод, использующий пьезоэлектрические датчики, в котором измерительный сигнал формируется за счёт прямого пьезоэлектрического эффекта.

Критерий сравнения	Акселерометры	Пьезоэлектрические датчики
Измеряемая величина	ускорение $a(t)$, m/c^2	ускорение $a(t)$, m/c^2
Принцип действия	инерционный (масса-пружина)	пьезоэлектрический эффект
Выходной сигнал	напряжение $U(t)$, B	заряд $Q(t)$, Кл или напряжение $U(t)$, B
Чувствительность	$10-100\text{ мВ}/(m/c^2)$	$50-500\text{ мВ}/g$ ($\approx 5-50\text{ мВ}/(m/c^2)$)
Диапазон измеряемых ускорений	$\pm 1 \dots \pm 500\text{ м}/c^2$	$\pm 0,1 \dots \pm 1000\text{ м}/c^2$
Рабочий частотный диапазон	$0,5-10000\text{ Гц}$	$5-30000\text{ Гц}$
Нижняя частотная граница	$\approx 0-1\text{ Гц}$	$3-10\text{ Гц}$
Верхняя частотная граница	до $10-15\text{ кГц}$	до $20-30\text{ кГц}$ и выше
Погрешность измерений	$\pm 3 \dots \pm 10\%$	$\pm 2 \dots \pm 5\%$
Амплитуда собственных шумов	$0,01-0,1\text{ м}/c^2$	$0,001-0,01\text{ м}/c^2$
Основная область применения	общая вибродиагностика станка	анализ высокочастотных вибраций и процессов резания

Рис. 1. Сравнительный анализ методов оценки вибраций

Установлено, что акселерометры целесообразно применять для оценки общего вибрационного состояния станка и регистрации низкочастотных процессов, тогда как пьезоэлектрические датчики более эффективны при анализе высокочастотных колебаний, непосредственно влияющих на формирование поверхности. Полученные результаты могут быть использованы при разработке систем мониторинга вибраций и выборе измерительных средств для задач повышения точности обработки.

Библиографический список:

1. Кудинов В.А. Динамика станков / В.А.Кудинов. — Москва: Машиностроение, 1967. — 359 с.: ил.
2. Сулов, А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин / А.Г. Сулов. Москва: Машиностроение, 2000. — 320 с.
3. Добряков, В.А. Контроль динамического состояния станков / В.А. Добряков // Вестник СГТУ. — 2011. — № 2. — С. 163-167.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПРОЦЕССА СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ

Жучкова А.М.

Научный руководитель: Пимушкин Я.И. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Аддитивные технологии являются перспективным направлением современного производства, обеспечивающим изготовление изделий сложной геометрии с высокой точностью. Одним из наиболее эффективных методов является селективное лазерное плавление (SLM), основанное на послойном формировании металлических деталей из порошка в инертной газовой среде.

Процесс SLM включает этапы нанесения порошкового слоя, его плавления лазером, сканирования и последовательного формирования изделия. Однако высокая чувствительность к параметрам процесса приводит к возникновению дефектов, что требует внедрения систем мониторинга.

Основными проблемами контроля являются изменение газовой атмосферы, содержание кислорода, наличие продуктов разложения порошка и неравномерность порошкового слоя. Эти факторы напрямую влияют на качество изделия и стабильность процесса.

Для решения данной задачи разработана информационно-измерительная система диагностики процесса SLM. В состав системы входят микроконтроллер, камера наблюдения, газовый сенсор и датчики кислорода. Система обеспечивает сбор и анализ данных в режиме реального времени.

Принцип работы системы заключается в измерении концентрации кислорода, анализе газовой среды, визуальном контроле слоя и передаче данных на компьютер. Это позволяет оперативно выявлять отклонения и предотвращать появление дефектов.

Внедрение разработанной системы обеспечивает снижение уровня брака, повышение стабильности процесса и улучшение качества изделий, что является важным этапом развития интеллектуальных производственных систем.

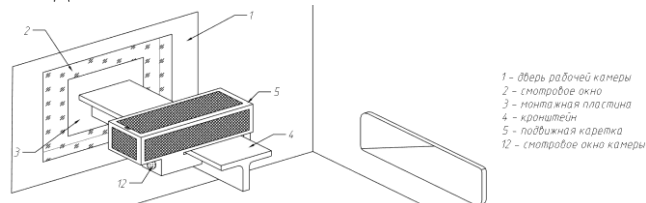


Рис. 1. Схема информационно-измерительной системы диагностики процесса SLM

Библиографический список:

1. ISO/ASTM 52900:2021. Additive manufacturing — General principles — Fundamentals and vocabulary.
2. ГОСТ Р 57558–2025. Аддитивные технологии. Базовые принципы. Термины и определения.
3. Жучкова А.М. Разработка информационно-измерительной системы для диагностики процесса селективного лазерного плавления: выпускная квалификационная работа. — МГТУ «СТАНКИН», 2026.

ИЗМЕРЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ МАЛЫХ РАЗМЕРОВ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Збожинский Б.

Научный руководитель: Шулепов А.В. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

В настоящее время проблема оценивания параметров геометрической точности (ПГТ) поверхностей деталей приборов и машин привлекает все больше внимания в связи с развитием приборостроительной отрасли и постоянным увеличением требований к точности изготовления деталей. Продвинутое технологии и инженерные разработки обуславливают появление деталей с очень частными размерами, что требует применения особых методов для оценки ПГТ. Это сложная задача, которая требует глубокого понимания и разработки новых подходов к оценке геометрической точности.

Данное исследование сосредоточивается на рассмотрении проблем оценивания характеристик поверхностей неровностей малогабаритных деталей. Эти характеристики имеют решающее значение для обеспечения соответствия деталей требуемым стандартам качества и точности. В приборостроении существуют проблемы оценивания микрогеометрии малых поверхностей с размерами в долях миллиметра (например, часовое приборостроение). Параметры для оценивания требуют специальной разработки т.к. на измеренных участках количество неровностей (впадин и вершин) составляет 3...5 штук. Поэтому нужно исследовать информационные свойства параметров для этих условий.

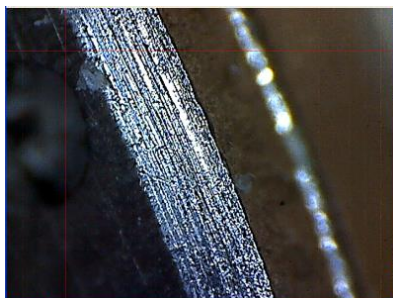


Рис. 1. Фаска корпуса наручных часов

Библиографический список:

1. Дунин-Барковский, И. В. Измерение и анализ шероховатости, волнистости и некруглости поверхности / И. В. Дунин-Барковский, А. Н. Карташова. – М.: Машиностроение, 1978. – С. 230.
2. Метрология поверхностей. Принципы, промышленные методы и приборы: Научное издание / Д. Уайтхауз – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2009. – 472 с.
3. Шероховатость поверхности. Параметры, характеристики и обозначения: ГОСТ 2789-73. – Введ. 01.01.75. – М: Изд-во стандартов, 1985. – С. 9.
4. Геометрические параметры изделий. Структура поверхности. Профильный метод. Термины, определения и параметры структуры поверхности: ГОСТ Р ИСО 4287 – 2014. – Введ. 01.01.2016. – М: Изд-во стандартов, 2019. – С. 23.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОКАНАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Иванов А. М.

Научный руководитель: Глубоков А.В. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ «СТАНКИН»

Проведено углубленное изучение метрологических и эксплуатационных характеристик многоканальных систем сбора и обработки измерительных сигналов. Проводится систематическое исследование факторов, определяющих точность, синхронность и масштабируемость многоканальных измерительных систем.

Объект исследования – многоканальная измерительная система, включающая аналоговые каналы, аналого-цифровое преобразование, цифровую обработку и интерфейсы передачи данных.

Предмет исследования – погрешности каналов, временная синхронизация, разрешающая способность по фазе и амплитуде, влияние архитектуры (мультиплексирование vs. параллельные АЦП) на результирующие характеристики.

Основные направления работы:

1. Анализ синхронности каналов. Исследование временных рассогласований между каналами при последовательном опросе с использованием мультиплексора и при параллельной работе АЦП. Оценка влияния этих рассогласований на вычисление фазового сдвига для сигналов различной частоты.

2. Исследование шумовых и квантовых погрешностей. Определение вклада 12-битного АЦП, источников опорного напряжения, а также цифровых фильтров в общую погрешность измерения амплитуды и фазы. Разработка методов компенсации систематических составляющих.

3. Оценка масштабируемости. Экспериментальное определение предельного числа каналов, обеспечиваемого ресурсами микроконтроллера (такты, частоты, память, DMA) при сохранении заданной частоты дискретизации 40 кГц на канал. Сравнение эффективности различных топологий (общий АЦП с коммутатором, несколько АЦП, внешние АЦП с интерфейсами I2C/SPI).

4. Разработка методики поверки. Создание экспериментального стенда на основе прецизионного генератора сигналов и эталонных средств измерений для количественной оценки метрологических характеристик многоканальной системы в соответствии с требованиями ГОСТ 8.009-84 и ГОСТ 22261-94.

Результаты работы позволят сформулировать рекомендации по выбору архитектуры многоканальных измерительных систем для диагностики инерциальных датчиков (волновых твердотельных гироскопов) и других объектов, где требуется одновременное измерение фазовых соотношений сигналов. Полученные данные будут использованы для оптимизации соотношения точность/производительность/стоимость в прикладных разработках.

Библиографический список:

1. Д.А. Мастеренко, Б.Н. Марков Преобразование измерительных сигналов. - М.: Издательские решения, 2021. - 140 с.
2. Иванов, В. И. (ред.). Цифровые и аналоговые системы передачи. 2-е изд. — М.: Горячая линия — Телеком, 2005.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАНИЙ ТРУБКИ ОПТИМЕТРА

Иванов С.Д.

Научный руководитель: Глубоков А.В. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Актуальность работы обусловлена потребностью в бесконтактных и высокоточных методах измерений, а также развитием технологий Индустрии 4.0 и автоматизированных измерительных комплексов.

Современные технологии автоматизации измерений позволяют значительно повысить точность, скорость и объективность контроля параметров [1].

В рамках работы разработана система автоматического считывания показаний оптиметра на основе методов компьютерного зрения. Система выполняет коррекцию геометрических искажений изображения, локализацию указателя путем анализа контуров после повышения контраста и бинаризации, а также распознавание цифровых меток шкалы с помощью нейронной модели EasyOCR. Вычисление текущего показания производится методом линейной интерполяции между ближайшими распознанными метками с учетом симметрии шкалы и эмпирической калибровки.

На рисунке 1 а) представлено исходное выровненное изображение. На рисунке 1 б) у исходного изображения повышен контраст, это необходимо для корректного считывания цифровых меток со шкалы. На рисунке 1 в) была применена бинаризация изображения, с помощью этого действия мы можем распознать указатель на шкале.

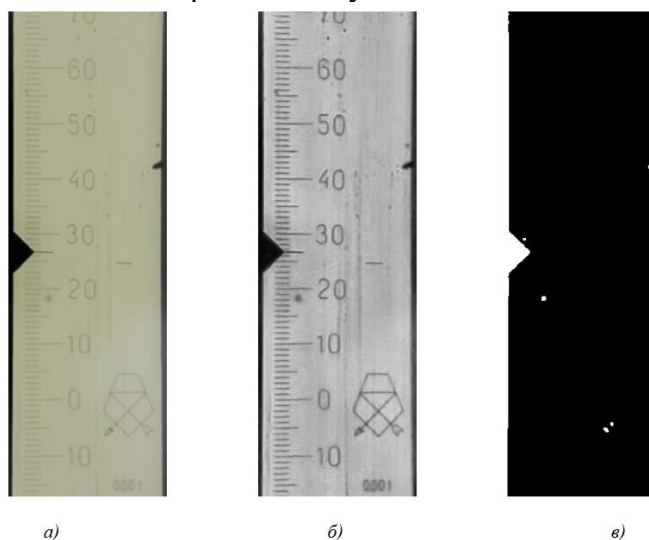


Рис. 1. Работа с изображениями

Полученные результаты согласуются с современными подходами к автоматизации метрологического контроля и открывают возможность интеграции системы в производственные процессы контроля качества.

Библиографический список:

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. — М.: Техносфера, 2012. — 1072 с.

РАЗРАБОТКА ПРИБОРА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОТКЛОНЕНИЙ ОТ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ ОСИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОТВЕРСТИЙ

Ильин А.А.

Научный руководитель: Гусев В.Н. – к.т.н., доцент

Кафедра ИИСиТ МГТУ «СТАНКИН»

Некоторые методы и средства измерений для оценки отклонения от прямолинейности оси отверстий полагаются исключительно на профиль измеряемого отверстия, что не очень корректно, т.к. отклонения профиля продольного сечения, в частности бочкообразность или седлообразность, даже при идеальной прямолинейности оси отверстий будут определены как отклонения от прямолинейности оси. В соответствии с ГОСТ 24642-81, отклонение от прямолинейности должно оцениваться именно относительно оси, как геометрического элемента, определяющего функциональные свойства детали. В работе предлагается схема измерительного прибора, позволяющего напрямую оценивать изменение оси отверстия:

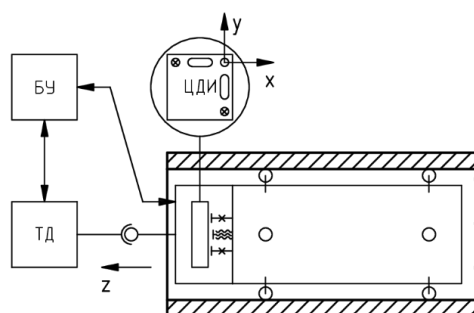


Рис. 1. Структурная схема: БУ – блок управления, ТД – тросовый датчик, ЦДИ – цифровой двухосевой инклинометр

Прибор включает два самоцентрирующихся модуля, каждый из которых выполнен в виде системы из трёх роликов, расположенных под углом 120° . Такая конструкция обеспечивает центрирование прибора в каждом поперечном сечении отверстия. После центрирования измерительный модуль, представляющий собой цифровой двухосевой инклинометр (ЦДИ), регистрирует угловое положение прибора относительно осей X и Y. Перемещение вдоль отверстия осуществляется с помощью тросового датчика (ТД), при этом регистрируется координата по оси Z. Сигналы с датчиков поступают в блок управления (БУ).

В результате формируется массив данных (элемент массива – θ_x, θ_y, z), на основе которых производится восстановление формы оси отверстия. Восстановление формы оси отверстия осуществляется на основе численной обработки результатов измерений. При малых углах наклона справедливо приближение $dx/dz \approx \theta_x$, $dy/dz \approx \theta_y$, что позволяет определить поперечные отклонения оси путём численного интегрирования по координате z.

Библиографический список:

1. ГОСТ 24642-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения – М.: Издательство стандартов, 1990. – 45 с.
2. Самарский А. А., Гулин А. В. Численные методы: Учеб. пособие для вузов, – М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1989. – 432 с. – ISBN 5-02-013996-3.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИК КАЛИБРОВКИ МОМЕНТНЫХ КЛЮЧЕЙ

Исмаилов Р.Р.

Научный руководитель: Глубоков А.В. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Моментные ключи получили большое распространение в авиации. По данным 2020 года, в России сейчас до 80 процентов авиапарка – иностранные самолеты, которые могут обслуживаться только импортными ключами, в частности моментные ключи фирмы STAHLWILLE [1]. Как и любой измерительный прибор, моментные ключи требуют экспериментального определения фактических значений метрологических характеристик [2]. Для достоверности результата измерения необходимо проводить калибровку [3]. Проведено исследование работы калибровочной установки, которая состоит из механического нагружающего устройства, датчика измерения крутящего момента, адаптера, компьютера и принтера. Схема калибровочной установки представлена на рисунке 1.

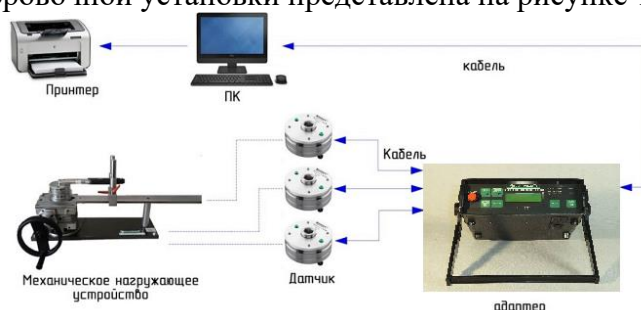


Рис. 1. Схема калибровочной установки

Результаты калибровки представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Таблица вычисления неопределенности

Уст.знач	Измеренные значения,						Изм.инст.смещ		U	U	uA	uB	Δ доп	Δ доп
ед. изм.	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X _{ср}	ед. изм.	%	ед. изм.	%	ед. изм.	ед. изм.	ед. изм.	%
10,0	9,96	10,36	9,46	9,76	9,54	9,82	0,18	1,9	0,32	3,2	0,1617	0,0074	0,60	6,0
30,0	30,13	30,69	30,25	29,53	29,96	30,11	-0,11	-0,37	0,38	1,3	0,1891	0,0226	1,8	6,0
50,0	51,43	50,8	51,5	52,0	52,2	51,58	-1,6	-3,1	0,49	1,0	0,2418	0,0387	3,0	6,0

Проведенные измерения показали, что моментные ключи соответствуют заявленным метрологическим характеристикам, но требуются дополнительные исследования неопределенности измерений, повторяемости результатов.

Библиографический список:

1. Штальвилле – профессиональный ручной инструмент. <https://www.stahlwille.ru/>
2. ISO 6789-1:2017. Assembly tools for screws and nuts -- Hand torque tools -- Part 1: Requirements and methods for design conformance testing and quality conformance testing: minimum requirements for declaration of conformance.
3. Архипов А.В., Маркин А.А. Поверка и калибровка средств измерений механических характеристик материалов. Часть 1. Методы и организация испытаний для определения механических характеристик металлов: Учебное пособие / М.: АСМС, 2020.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ И РАЗМЕЩЕНИЯ МАКЕТОВ НА ТЕМПЕРАТУРНУЮ ОДНОРОДНОСТЬ И ДИНАМИКУ УСТАНОВЛЕНИЯ РЕЖИМА В КЛИМАТИЧЕСКОЙ КАМЕРЕ

Калинина В.В.

Научный руководитель: Глубоков А.В. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Климатическая камера широко применяется в различных отраслях промышленности и научных исследований для проведения испытаний на устойчивость изделий к воздействию климатических факторов. Она позволяет моделировать такие условия, как экстремальные температуры, влажность, резкие перепады температуры.

В работе используется климатическая камера CHALLENGE CH250C, предназначенная для испытаний при температурах от -75°C до $+180^{\circ}\text{C}$, точность $\pm 1^{\circ}\text{C}$ [1]. Исследовано влияние тепловой нагрузки и размещения макета на температурную однородность и динамику установления режима в климатической камере CHALLENGE CH250C. В настоящем исследовании в рабочем объеме камеры был размещен металлический макет, создающий дополнительную тепловую инерцию и изменяющий структуру воздушного потока. В ходе эксперимента температура регистрировалась тремя датчиками, установленными по горизонтали в центральной части камеры. Анализ проводился в умеренных режимах $+30^{\circ}\text{C}$, $+20^{\circ}\text{C}$, 0°C и в экстремальных режимах $+60^{\circ}\text{C}$ и -60°C . Результаты испытаний представлены на рисунке 1.

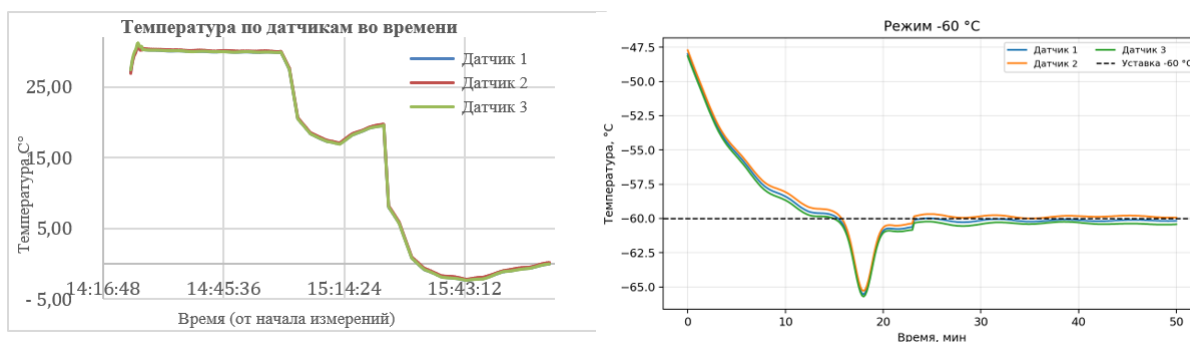


Рис. 1. График зависимости температуры от времени

При нагреве выход на заданную температуру происходит более устойчиво, тогда как при охлаждении наблюдаются более выраженные переходные процессы и более заметное расхождение показаний датчиков. Наибольшее влияние тепловой нагрузки проявляется при отрицательных температурах, где возрастает неравномерность температурного поля и увеличивается длительность переходного процесса. Полученные результаты показывают, что оценка климатической камеры без внутренней нагрузки не в полной мере отражает условия реальной эксплуатации и что при аттестации и практическом использовании необходимо учитывать влияние размещенного в рабочем объеме макета.

Библиографический список:

1. Руководство по эксплуатации климатической камеры CHALLENGE CH250C [Электронный ресурс] // Manualslib. — URL: [https://www.manualslib.com/manual/1903739/Angelantoni-Challenge.html?page=5#manual].

ЛАЗЕРНЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Каримов Р.Р.

Научный руководитель: Телешевский В.И. – д.т.н., профессор

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

В современном машиностроении ужесточение допусков на размеры, форму и взаимное расположение поверхностей обусловлено высокими эксплуатационными требованиями. Традиционные контактные методы имеют ряд ограничений, что делает актуальным внедрение лазерных методов, обеспечивающих бесконтактность, высокую скорость и автоматизацию.

Физической основой лазерной метрологии служат три свойства лазерного излучения: монохроматичность, малая расходимость и когерентность. На этих параметрах разработаны методы, различающиеся по принципу действия, точности и области применения. Среди них наибольшее распространение получили лазерная триангуляция, лазерное сканирование и интерферометрические методы.

Особое место среди интерферометрических средств занимают фазовые преобразователи с акустической модуляцией света. В таких системах лазерное излучение проходит через акустооптический модулятор, где за счет дифракции на бегущей акустической волне формируются два пучка со сдвигом частоты. Один из них направляется на подвижное зеркало, связанное с подвижным объектом контроля, другой – на неподвижное. Интерференция пучков на фотодетекторе дает сигнал биения, фаза которого связана с измеряемым перемещением. Это позволяет достичь разрешения в единицы нанометров и определять направление движения, что особенно важно в задачах прецизионного позиционирования и контроля геометрии ответственных узлов.

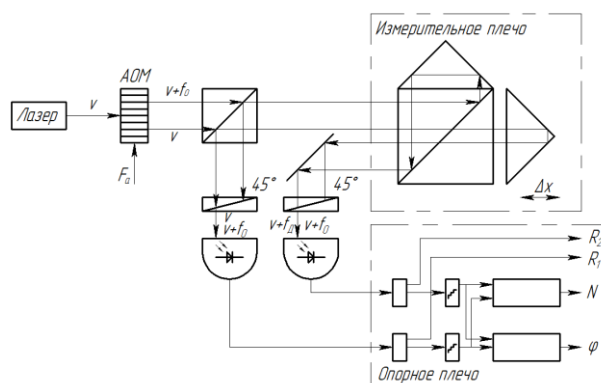


Рис. 1. Функциональная схема фазового измерительного преобразователя с акустической модуляцией света

Библиографический список:

1. Базыкин С.Н. Информационно-измерительные системы для измерения линейных перемещений // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 9-3. – С. 373-377.
2. Балахший В. И., Парыгин В. Н., Чирков Л. Е. Физические основы акустооптики. — М.: Радио и связь, 1985.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПЕРЕДАЧИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЁТОВ ПО TCP-SOCKETAM В СОСТАВЕ ИНФОРМАЦИОННО- ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Кириллов Е.А.

Научный руководитель: Педь С.Е. – ст. преподаватель

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

В современных инженерных задачах автоматизированного проектирования актуальной является интеграция расчётных модулей в единую распределённую информационно-измерительную среду.

Представлена система, обеспечивающая автоматическую передачу результатов инженерных расчётов по локальной сети без участия пользователя. Расчётные программы сохраняют результаты в формате JSON в заданную директорию. Координирующий модуль отслеживает появление новых файлов с помощью библиотеки *chokidar* и передаёт их содержимое TCP-серверу через взаимодействие между процессами (IPC). Сервер рассылает данные всем подключённым клиентам, используя протокол TCP для гарантированной доставки. Клиентская часть корректно обрабатывает поток данных с учётом возможного фрагментирования TCP-пакетов, выделяет из него JSON-сообщения и сохраняет их на устройстве с уникальными именами файлов.

Вся система реализована на языке JavaScript с использованием среды Node.js. Архитектура обеспечивает полную автономность: любая новая расчётная программа, сохраняющая JSON в указанную папку, автоматически становится частью системы без изменения остальных компонентов. Решение может быть использовано в составе программных комплексов автоматизированного проектирования механических передач и других инженерных систем, где требуется надёжная и немедленная доставка расчётных данных между узлами локальной сети.

Библиографический список:

1. Обмен данными по сетям TCP/IP / [Электронный ресурс] //: [сайт]. — URL: https://edu.stankin.ru/pluginfile.php/659051/mod_resource/content/1/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F.%20TCP-IP.pdf.
2. Chokidar: Minimal and efficient cross-platform file watching library [Электронный ресурс] // GitHub. – URL: <https://github.com/paulmillr/chokidar>.
3. TCP 3-Way Handshake Process / [Электронный ресурс] //geeksforgeeks: [сайт]. — URL: <https://www.geeksforgeeks.org/computer-networks/tcp-3-way-handshake-process/>.

ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ И КОНТРОЛЯ ИЗДЕЛИЙ ЭКБ НА ВИБРОСТЕНДЕ

Козлов И. В.

Научный руководитель: Замятин А.В. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Под ЭКБ понимается совокупность электрорадиоизделий и электронных модулей, представляющих собой функционально и конструктивно законченные сборочные единицы.

Классификация ЭКБ по категориям качества.

Испытания проводятся с целью оценки способности изделий сохранять работоспособность и параметры в пределах.

Метод случайной вибрации применяется для изделий, имеющих в заданном частотном диапазоне не менее четырёх резонансов.

Вибростенд электродинамический типа СУВИ — обеспечивает воспроизведение случайной и синусоидальной вибрации в диапазоне частот 5–2000 Гц с максимальным ускорением до 100 g.



Рис. 1. Вибростенд электродинамический типа СУВИ

Профиль вибрации задан в виде зависимости спектральной плотности ускорения (PSD) от частоты.

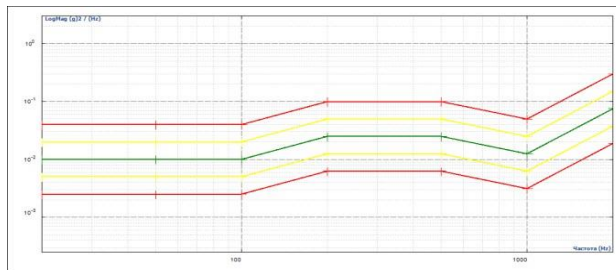


Рис. 2. График профиля спектральной вибрации

Параллельно с регистрацией параметров вибрации осуществлялся непрерывный функциональный контроль изделия.

Библиографический список:

1. ГОСТ Р 58857-2020 «Ракетно-космическая техника электронная компонентная база. Общие положения»
2. ГОСТ Р 59312-2021 «Ракетно-космическая техника электронная компонентная база. Порядок выбора, применения и проведения испытаний»

КОНЦЕПЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА ПОСАДОК

Кулешин Р.А.

Научный руководитель: Педь С.Е. – ст. преподаватель

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

В современном приборостроении точность и надежность механизмов и узлов приборов в значительной степени зависят от правильного выбора посадок сопрягаемых деталей. Традиционный ручной подбор посадок на основе нормативных документов Единой системы допусков и посадок (ЕСДП) является трудоемким, субъективным процессом и не всегда в полной мере учитывает комплекс эксплуатационных факторов (температурный режим, нагрузки, материалы, требования к точности центрирования и взаимозаменяемости).

Актуальность темы обусловлена необходимостью автоматизации этапа конструкторской подготовки производства в приборостроении с целью сокращения времени проектирования, минимизации ошибок и повышения качества изделий.

Цель работы — разработка концепции автоматизированной системы выбора оптимальных посадок для гладких цилиндрических сопряжений в механизмах приборов.

Основные задачи:

- анализ нормативной базы ЕСДП и методов ручного выбора посадок;
- формирование математической модели расчета предельных зазоров и натягов;
- создание базы данных полей допусков и рекомендуемых посадок;
- разработка алгоритмов многокритериальной оптимизации выбора посадок;
- интеграция системы с CAD-средствами проектирования.

Система ориентирована на систему отверстия (основное отверстие Н) как наиболее экономичную в приборостроении, но предусматривает и комбинированные посадки. Реализация предполагается на языке Python (или в среде MATLAB) с использованием реляционной базы данных.

Таким образом, предлагаемая концепция автоматизированной системы позволит перейти от эмпирического к научно обоснованному выбору посадок, что особенно важно для приборостроения.

Библиографический список:

1. ГОСТ 25347-82. Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки. – М.: Изд-во стандартов, 1983.
2. ГОСТ 25346-89. Единая система допусков и посадок. Общие положения, термины, обозначения и правила образования полей допусков и посадок.
3. Иголкин А.Ф., Вологжанина С.А., Федорова О.А. Расчет и выбор посадок и параметров геометрической точности деталей и узлов оборудования: Учеб-метод. пособие. – СПб.: НИУ ИТМО, 2013. – 79 с.
4. Смирнов А.С. Допуски и посадки в приборостроении. – М.: Машиностроение, 1968. – 231 с.

АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ПОГРЕШНОСТИ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПРИБОРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВИНТОВОЙ ЛИНИИ

Куликов Н.С.

Научный руководитель: Емельянов П.Н. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

В настоящее время червячные фрезы остаются широко применяемым инструментом для обработки профилей зубьев зубчатых колёс наружного зацепления благодаря обеспечению высокой производительности. Вместе с тем, червячная фреза имеет весьма сложную геометрию режущей части, от точности изготовления которой непосредственно зависит точность нарезаемых зубчатых колёс.

Согласно ГОСТ 10331-91 и ГОСТ 9324-80 для червячных фрез нормируется до 17 параметров геометрической точности и контроль этих параметров при изготовлении и перезатачивании фрез должен быть метрологически обеспечен. Наиболее сложным контролируемым параметром является винтовая линия фрезы – измерительная система должна воспроизводить образцовую винтовую линию и иметь устройство измерения отклонений реальной винтовой линии от воспроизводимой образцовой.

В данной работе рассмотрен способ кинематического воспроизведения образцовой винтовой линии, как совокупности двух движений – вращательного и поступательного, взаимосвязанных таким образом, чтобы за один полный оборот смещение вдоль оси вращения соответствовало одному шагу винтовой линии. Такой способ реализован, например, в приборе, разработанном в ОАО «НИИИзмерения».

В данной работе изложены результаты анализа составляющих погрешности воспроизведения винтовой линии, вызываемых каждым из элементов и узлов кинематической цепи прибора (технологическими факторами их изготовления и сборки).

Для каждого из источников получены аналитические зависимости для составляющих погрешности, позволяющие оценить их изменения от угла поворота фрезы и перемещения измерительного стола.

Часть погрешностей носят периодический характер и имеют период равный периоду вращения фрезы. Предельных значений эти погрешности достигают дважды в течение одного оборота фрезы. Амплитуда погрешностей второй группы изменяется по линейному закону в зависимости от перемещения измерительного стола. Погрешности третьей группы не зависят ни угла поворота фрезы, ни от перемещения измерительного стола.

Получена итоговая зависимость, позволяющая вычислить суммарную погрешность прибора при измерении винтовой линии и учитывающая систематические и случайные составляющие.

Данная зависимость позволяет оценить влияние погрешностей отдельных элементов и узлов прибора на его суммарную погрешность и тем самым сформулировать требования к точности изготовления, сборки и настройки этих элементов и узлов.

Библиографический список:

1. Коротков В.П., Тайц Б.А. Основы метрологии и теории точности измерительных устройств. – М.: Издательство стандартов – 1978, 352с.
2. ГОСТ 17336-80 Приборы для измерения червячных фрез. Типы и основные параметры. Общие технические требования.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УСИЛИЯ КОНТАКТНЫХ ПРИБОРОВ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Кулясова П.А.

Научный руководитель: Емельянов П.Н. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Измерительное усилие - важная характеристика контактных средств измерения. Оно представляет собой силу, с которой измерительный наконечник действует на поверхность измеряемой детали. Далее это усилие передается всем звеньям измерительной цепи. В большинстве случаев измерительное усилие создается пружинами, а работа пружин подчиняется закону Гука, т.е. усилие линейно изменяется пропорционально изменению длины пружины. Таким образом, измерительное усилие непостоянно в пределах диапазона перемещения измерительного наконечника.

Переменный характер измерительного усилия приводит к погрешностям измерения геометрических параметров элементов деталей. Особенно значительно изменение измерительного усилия, проявляющееся в момент реверса измерительного наконечника, что имеет место при измерении отклонений формы в условиях непрерывного перемещения измеряемой поверхности. В этом случае проявляется гистерезис характеристики измерительного усилия.

Механизм возникновения погрешностей измерения, вызванных непостоянством измерительного усилия, заключается в суммарном воздействии следующих факторов:

1. Непостоянства деформаций контактирующих поверхностей измеряемой детали и измерительного наконечника;
2. Непостоянства деформаций тела измеряемой детали (что особенно значимо для тонкостенных легкодеформируемых деталей и деталей, изготовленных из мягких материалов);
3. Непостоянства деформаций устройств крепления измерительных головок или датчиков (стоек, штативов и тому подобной измерительной оснастки);

Из трех перечисленных выше факторов только контактные деформации поддаются системной аналитической оценке. Эта задача решена методами механики контактного взаимодействия для случаев сочетаний различной формы и различных материалов контактирующих поверхностей. Для практических случаев измерения геометрических параметров деталей машиностроения интерес представляют случаи контактирования сферического наконечника с плоской или внутренней цилиндрической/сферической поверхностями, плоского наконечника с наружной цилиндрической/сферической поверхностями, а также контакт двух цилиндрических поверхностей с перпендикулярными осями. Для второго и третьего факторов единый аналитический способ оценки деформаций практически невозможен по причине огромного разнообразия конструкций измеряемых деталей, схем измерения и измерительной оснастки. Эти факторы поддаются в большинстве случаев только экспериментальной оценке.

Библиографический список:

1. Н.Н. Марков, Г.Б. Кайнер, П.А. Сацердотов «Погрешность и выбор средств при линейных измерениях» Изд. «Машиностроение», М., 1967
2. Попов В.Л. Механика контактного взаимодействия и физика трения, М: Физматлит, 2012, 348 с

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ПОКАЗАНИЙ ЦИФРОВЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

Малкин К.И.

Научный руководитель: Глубоков А.В. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Современные технологии искусственного интеллекта и компьютерного зрения активно применяются для автоматизации процессов измерения и обработки данных [1]. В данной работе представлена автоматизированная система распознавания показаний цифровых измерительных приборов, использующих семисегментные дисплеи (рис. 1). Такая система является актуальным решением для различных областей науки и промышленности, где требуется оперативное и точное считывание данных без участия человека.

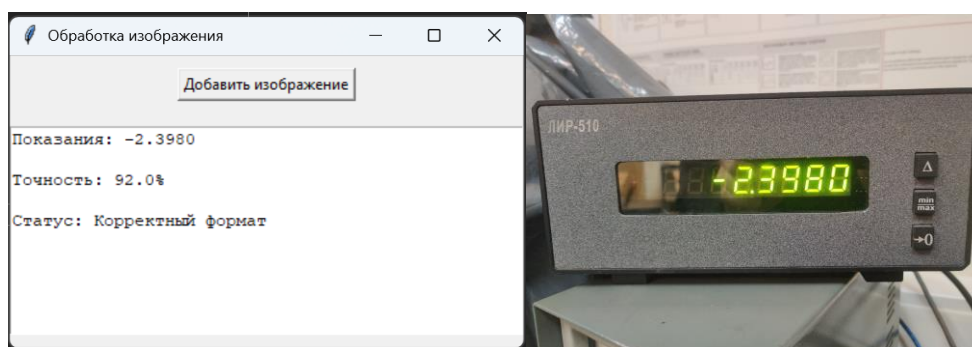


Рис. 1. Пример распознавания показаний

В реализованной системе применены методы компьютерного зрения и машинного обучения. Предобработка изображений выполняется с помощью OpenCV (нормализация яркости, удаление шумов, выделение области дисплея), а для распознавания цифр используется сверточная нейронная сеть (CNN), реализованная на базе TensorFlow и PyTorch. Язык программирования — Python. Система демонстрирует точность распознавания не менее 92%, поддерживает форматы JPEG и PNG, а также работает с изображениями, полученными с различных типов камер (смартфоны, веб-камеры, промышленные устройства), что обеспечивает гибкость и универсальность применения.

Автоматизация процесса считывания показаний позволяет минимизировать ошибки, вызванные человеческим фактором, а также ускорить обработку данных в метрологических и промышленных приложениях. Разработанная система готова к внедрению в лабораториях, на производственных линиях, в системах контроля и мониторинга, а также для дистанционного считывания данных в условиях ограниченного доступа.

Библиографический список:

1. Потапов, А.С. Системы компьютерного зрения: учебное пособие / А.С. Потапов. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 161 с

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КРУГЛОГРАММ

Махров Т.А.

Научный руководитель: Меликова О.Н. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Детали, обладающие цилиндрическими поверхностями, широко распространены в машиностроении, поэтому актуальной является задача подробного описания их геометрических характеристик. Одним из наиболее перспективных подходов в этой области является анализ спектров профилей и круглограмм поперечных сечений.

При спектральном анализе профилей и круглограмм, представленных в полярной системе координат, происходит их разложение на гармонические составляющие с последующим изучением отдельных гармоник. Данный метод позволяет не только определить наличие овальности или огранки исследуемой поверхности, но и установить причины возникновения искажения ее формы.

Работа посвящена исследованию влияния на результаты спектрального анализа смещения центра сечения детали или его наклона относительно датчика при проведении измерений.

Выполнено математическое моделирование измеренных профилей с целью выявления взаимосвязи между характеристиками спектров и положением цилиндрических поверхностей. В ходе исследований установлено, что первая гармоника отвечает за смещение центра профиля сечения: амплитуда указывает на величину смещения, а фаза - на направление относительно полярной оси. Вторая гармоника отражает овальность профиля, который может являться следствием наклона оси детали при проведении измерений. Амплитуда и фаза характеризуют угол наклона и его направление в полярных координатах. Последующие гармоники связаны с огранкой детали и позволяют судить о числе граней и других параметрах.

С целью практической проверки полученных результатов выполнены измерения на реальных цилиндрических деталях.

Библиографический список:

1. Марков Н.Н., Ганевский Г.М. Конструкция, расчет и эксплуатация контроль-измерительных инструментов и приборов. 1993. – 416 с.
2. Марков Б.Н., Мастеренко Д.А. Преобразование измерительных сигналов. 2021. – 140 с.
3. Уайтхауз Д. Метрология поверхностей. Принципы, промышленные методы и приборы. 2009. – 472 с.

ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА, ПРИ УСЛОВИИ ИХ МЕРЦАНИЯ, НА ПРОЦЕСС ИЗМЕРЕНИЯ

Михайлин А.А.

Научный руководитель: Бушуев С.В. – ст. преподаватель

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Разработанные требования охватывают метрологические, конструктивные, технологические, эксплуатационные, надежность и экономические аспекты системы видеоизмерений NORGAU для исследования точности измерений деталей при условиях мерцания источника света. Их выполнение обеспечит высокую точность измерений, стабильность работы, удобство эксплуатации и экономическую целесообразность использования системы в условиях, требующих строгого контроля внешних факторов.

Таблица 1.

Тактико-технические требования (ТТТ) разрабатываемой системы/методики

Характеристика	Требуемое значение
Диапазон перемещения, мм - По оси X - По оси Y - По оси Z	От 0 до 400 От 0 до 300 От 0 до 150
Предельное допускаемое абсолютной погрешности линейных измерений, мкм По осям X и Y* В плоскости XY*	$\pm(1,5 + L/100)$ $\pm(2 + L/100)$
Диапазон измерений плоского угла, °	± 180
Пределы допускаемой абсолютной погрешности линейных измерений плоского угла, “	± 15
Разрешение измерительных шкал, мм	0,0001
Условия эксплуатации	Температура: +18...+22°C, влажность: 40–80% без конденсации

Библиографический список:

- ГОСТ Р 8.000-2015. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения линейных и угловых величин. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2015. – 16 с.
- NORGAU. Видеоизмерительная система. Руководство по эксплуатации. – М.: Инжиниринговый центр «Цифровые технологии машиностроения», 2023. – 84 с.
- Джабиев А.Н., Мусяков В.Л., Панков Э.Д., Тимофеев А.Н. Оптико-электронные приборы и системы с оптической равносигнальной зоной. / Монография. СПб:ИТМО, 1998. 238 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ ЛАЗЕРНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ ОПТОЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМОЙ

Михалева Л.Ю.

Научный руководитель: Шулепов А.В. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Современное производство предъявляет высокие требования к точности контроля геометрических параметров деталей сложной формы. Лазерные сканирующие оптоэлектронные системы (ЛСОЭС) являются перспективным средством бесконтактного контроля, однако точность таких измерений зависит от множества факторов, что требует систематического анализа и разработки методик повышения достоверности результатов.

В ходе предварительных исследований проведен анализ существующих методов измерения деталей сложной формы. Контактные методы обеспечивают высокую точность, но ограничены по скорости и доступности сложных поверхностей. Бесконтактные методы, включая лазерное сканирование, позволяют получать плотные облака точек, однако их точность чувствительна к оптическим свойствам материалов, геометрии объекта и условиям измерений.

Систематизированы основные факторы, влияющие на погрешность ЛСОЭС: методические (режимы сканирования, внешняя засветка), аппаратные (погрешности несущей системы, оптические искажения), факторы объекта (шероховатость, отражательная способность, крутые углы наклона) и погрешности вычисления координат. Наибольшее влияние оказывают шероховатость поверхности, внешняя засветка и смещение объекта относительно центра измерения.

В рамках диссертационного исследования разрабатывается методика повышения точности измерений с использованием ЛСОЭС. Основное внимание уделяется экспериментальному исследованию влияния выявленных факторов и созданию математических моделей для коррекции систематических погрешностей. Планируется разработка рекомендаций по оптимизации режимов сканирования для различных типов поверхностей и материалов.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения разработанных методик в машиностроении, авиастроении и других отраслях, требующих высокоточного бесконтактного контроля. Результаты исследования позволят унифицировать процессы измерений и расширить область применения лазерных сканирующих систем.

Библиографический список:

1. ГОСТ Р 8.1012-2022. Лазерные сканирующие системы. Методика поверки. – М.: Стандартиформ, 2022.
2. Лебедев А.В. Метрологическое обеспечение лазерных сканирующих систем // Измерительная техника. – 2023. – № 4. – С. 23–29.

ИЗМЕРЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ПРОФИЛОГРАФА И ПРОФИЛОМЕТРА

Мицкевич Г.Д.

Научный руководитель: Шулепов А.В. – к.т.н., доцент

**Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ
«СТАНКИН»**

В современных условиях машиностроения контроль качества поверхности деталей является критически важным этапом обеспечения надежности и долговечности узлов. Шероховатость поверхности влияет на износостойкость, усталостную прочность, герметичность соединений и точность посадок. Традиционные методы контроля требуют автоматизации и повышения точности измерений в соответствии с актуальными ГОСТ.

Целью данной работы является разработка и исследование профилометра-профилографа типа I по ГОСТ 19300-86, обеспечивающего измерение параметров шероховатости и профилограмм в лабораторных и производственных условиях. Объектом разработки выступает прибор контактного типа с цифровой обработкой сигнала.

В основе измерительной системы лежит прецизионный узел с линейным перемещением щупа (шаговый двигатель, точность $\leq 0,1$ мкм) и алмазный наконечник радиусом 2–10 мкм. Измерительное усилие регулируется в диапазоне 0,5–4,0 мН для работы с различными материалами. Электронная часть включает датчики индуктивного типа и блок обработки на базе микроконтроллера с АЦП ≥ 16 бит и частотой дискретизации ≥ 50 кГц. Программное обеспечение реализует алгоритмы цифровой фильтрации профиля (фильтр Гаусса) согласно ГОСТ Р 8.829-2013, позволяя разделять профили формы, волнистости и шероховатости.

Прибор обеспечивает измерение параметра R_a в диапазоне от 0,01 до 6,3 мкм (класс точности А) и до 25 мкм (класс Б). Погрешность измерения составляет $\pm 5\%$ для класса А и $\pm 10\%$ для класса Б. Конструкция устройства выполнена в настольном исполнении (габариты до 400×300×250 мм) на гранитной плите с виброизоляцией, что обеспечивает температурную стабильность $\pm 0,5$ мкм/°С.

Таблица 1.

Сравнение метрологических характеристик классов точности

Параметр	Класс А	Класс Б
Диапазон R_a , мкм	0,01–6,3	0,01–25
Погрешность по R_a	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$
Погрешность по R_z	$\pm 8\%$	$\pm 12\%$

Экономическая эффективность проекта обусловлена снижением брака на участке механической обработки на 10–15%. Целевая стоимость производства устройства класса А составляет 600–1200 тыс. руб., срок окупаемости – не более 2 лет. Рентабельность при серийном выпуске от 30 шт./год прогнозируется на уровне $\geq 22\%$. Разработанный прибор соответствует требованиям ГОСТ 19300-86 и ГОСТ 2789-73, имеет модульную конструкцию и поддержку экспорта данных (XML, CSV), что позволяет интегрировать его в современные системы автоматизированного контроля качества.

Библиографический список:

- ГОСТ 19300-86. Средства измерения шероховатости поверхности профилографами-профилометрами контактного типа. Типы и основные параметры.
- ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА СУММАРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ И ОЦЕНКИ СТАБИЛЬНОСТИ НАСТРОЙКИ РЕГУЛИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Мутлак С.

Научный руководитель: Соколов В.А. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ «СТАНКИН»

Электроконтактные преобразователи (ЭКП) широко применяются в системах активного контроля благодаря простоте, низкой стоимости и высокой надежности. Однако точность их работы ограничена влиянием совокупности метрологических погрешностей и нестабильностью настройки во времени, что снижает качество автоматизированных производственных систем.

Цель данной работы разработка комплексной методики расчета суммарной погрешности и оценки долговременной стабильности настройки регулируемых ЭКП.

В ходе исследования классифицированы основные источники погрешностей: механические (трение, люфты, нелинейность пружин), электрические (износ контактов, изменение переходного сопротивления), тепловые (температурное расширение материалов), погрешность смещения настройки (износ, релаксация пружин) и случайные составляющие (вибрации, помехи). Для расчета суммарной погрешности предложена математическая модель на основе метода квадратного корня из суммы квадратов (RSS), позволяющая учитывать независимые составляющие:

$$\Sigma\Delta = \sqrt{(\Delta_{\text{мех}}^2 + \Delta_{\text{эл}}^2 + \Delta_{\text{теп}}^2 + \Delta_{\text{уст}}^2 + \Delta_{\text{см}}^2 + \Delta_{\text{сл}}^2)}$$

где каждая Δ представляет собой оцененное среднеквадратическое отклонение соответствующей составляющей. Приведен условный расчет: $\Delta\Sigma \approx 0,81$ мкм, при этом наибольший вклад вносит погрешность смещения настройки (0,5 мкм).

Для оценки стабильности настройки предложен показатель $D = |X_{\text{до}} - X_{\text{после}}|$, определяющий смещение точки срабатывания после заданного числа циклов (например, 25000 срабатываний). Разработана эмпирическая модель дрейфа во времени: $X(t) = X_0 + A \cdot (1 - e^{-t/\tau}) + \varepsilon(t)$, позволяющая прогнозировать изменение настройки в процессе эксплуатации.

На основе анализа сформулированы практические рекомендации: применение высококачественных пружин и подшипников, износостойких покрытий контактов, термокомпенсации, а также периодической калибровки и цифровой индикации настройки. Реализация предложенной методики позволяет прогнозировать суммарную погрешность с точностью до $\pm 0,8$ мкм и снизить количество отказов в системах управления на 15-20%.

Библиографический список:

- ГОСТ 8.010–2015. Метрология. Единицы величин.
- Семёнов, А. И. Основы измерений и приборостроения. – М.: Машиностроение, 2020.
- Meyer, J. Measurement Science: Principles and Practice. – New York: Wiley, 2019.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ПОВОРОТНОЙ ПЛАТФОРМЫ

Мухамед В.А.А-Б

Научный руководитель: Мастеренко Д.А. – д.т.н., профессор

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Роботизированные платформы в наше время играют существенную роль в автоматизации производственной, складской, логистической деятельности. Ориентация в пространстве и выполнение платформой возложенных на неё функций требует наличия встроенной информационно-измерительной системы (ИИС).

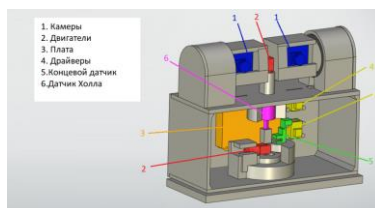


Рис. 1. 3D модель устройства со всеми элементами

В основу функционирования предлагаемой ИИС положен принцип ориентации по визуальным образам окружающих объектов. Основные составные части системы – видеокамеры, установленные на поворотных устройствах, и измерительные преобразователи углов поворота, рысканья и тангажа платформы (см. рис. 1). Система управления обрабатывает информацию с видеокамер и измерительных преобразователей, производит триангуляционные расчеты и оценивает положение платформы относительно окружающих предметов.

Выполнены изготовление деталей, сборка системы, написание и отладка встроенного программного обеспечения, после чего проведены предварительные испытания, показавшие положительные результаты.

На рис. 2 представлены изображения с двух видеокамер при испытаниях системы – по их различиям вычисляются координаты платформы относительно окружающих объектов.



Рис. 2. Кадры одного из испытаний системы

Библиографический список:

1. Лазаренко, В. П. Метод определения пространственных координат в активной стереоскопической системе / В. П. Лазаренко, Т. С. Джамиёв, В. В. Коротаев, С. Н. Ярышев // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2016. – № 1 (101). – С. 49–54.

СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТАХОМЕТРИЧЕСКИХ СЧЁТЧИКОВ ВОДЫ. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ

Неслуженко А. Ю.

Научный руководитель: Замятин А.В. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Стендовые испытания тахометрических счётчиков воды являются важным этапом разработки и проверки работоспособности этих устройств. Стенды для испытаний можно разделить на два условных типа: стационарные и переносные. В ходе испытаний и опросов метрологов из аккредитованных компаний были выявлены следующие проблемы:

1. Пренебрежение проведения стационарных стендовых испытаний по причине повышенных временных затрат, даже в случаях, когда картина испытания на портативном стенде нерепрезентативна.

2. Законодательная база: некоторые требования по работе приборов учёта не проверяются метрологами, по причине понимания, что большая часть испытанных приборов устройств должны быть списаны под замену (Пример – большинство домашних расходомеров не фиксируют протекания минимальных потоков жидкости, согласно пункту 81(12) а) постановления правительства N 354 такой прибор поверку не проходит).

3. Человеческий фактор: снятие показаний с измерительных приборов и установка (в случае переносных систем) осуществляется человеком и зачастую допускаются ошибки, приводящие к некорректности результатов испытаний (Пример – негерметичность соединения на резьбе шланга), а иногда и вовсе без стенда.

Методы решения:

1. Упрощение процедуры, приводящий к проведению стендового испытания при необходимости: изъятие счётчика в моменте или установленную дополнительную дату, наличие у такого мастера временного подменного прибора или заглушки, устанавливаемых на место изъятых прибора (Итоговый расчёт потребления воды необходимо рассчитать как среднемесячный на период изъятия).

2. Связать информацию в постановлении правительства с государственным стандартом. В ГОСТ Р 50193.3-92 существует таблица метрологических классов в зависимости от минимального и номинального расхода, однако по вышеописанному в проблеме 2 пункту 81(12) этот параметр не учитывается, формулировка пункта а) «неотображение приборами учета результатов измерений» это не учитывает.

3. Организовать процедуру тестов для метрологов, работающих в организации как один из процессов аккредитации, в этот же процесс встроить инвентаризацию оборудования, обязать закупить оптосчетыватели по количеству установок (Для стационарных с возможностью испытания нескольких расходомеров одновременно – кратно больше).

Библиографический список:

1. Постановление Правительства РФ от 06.05.2011 N 354 (ред. от 11.04.2024) "О предоставлении коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов"
2. ГОСТ Р 50193.3-92 Измерение расхода воды в закрытых каналах. Счётчики холодной питьевой воды. Методы и средства испытаний. Издательство стандартов, 1992.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПОВЕРКИ ЦИФРОВОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Панов Д.Д.

Научный руководитель: Емельянов П.Н. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Цифровые измерители перемещений широко применяются в современных измерительных и технологических системах для регистрации линейных и угловых перемещений. Такие приборы используются совместно с датчиками положения, в частности с инкрементальными и абсолютными энкодерами, которые формируют цифровые сигналы, пропорциональные величине перемещения.

Точность работы систем измерения перемещений во многом определяется метрологическими характеристиками цифрового измерителя перемещений. Для обеспечения достоверности результатов измерений необходимо проведение поверки приборов в соответствии с установленной методикой.

Особенность поверки цифровых измерителей перемещений заключается в необходимости учета специфики формирования и обработки цифровых сигналов энкодеров. На точность измерений могут влиять такие факторы, как разрешающая способность датчика, дискретность отсчета, частота поступления импульсов, а также особенности алгоритмов обработки сигналов в измерительном приборе. Указанные факторы могут приводить к возникновению дополнительных погрешностей измерения.

В работе проведён анализ методики поверки цифровых измерителей перемещений.

Было выявлено что методика не учитывает электромагнитные помехи внутри корпуса поверяемого прибора, а также скорость изменения входного сигнала что может приводить к появлению дополнительной погрешности.



Инкрементальный энкодер

Абсолютный энкодер

Рис. 1. Виды энкодеров

Библиографический список:

1. Скуратов Д.Л., Трусов В.Н. Измерение геометрических параметров деталей на рычажно-механических и оптико-механических приборах: Метод. указания. — Самара: Самаргос.азрокос. ун-т, 2005. — 30 с.
2. Радкевич Я.М., Радкевич Я.М., Сироткин А.Г. и др. Метрология, стандартизация и сертификация. — М.: Высш. шк., 2006. — 800 с.
3. Никитин В.А., Бойко С.В. Методы и средства измерений, испытаний и контроля. — Оренбург: Оренбургский гос. ун-т, 2004. — 396 с.

ПРЕДИКТИВНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ КАМЕР: ОТ ПЛАНОВОЙ АТТЕСТАЦИИ К ЦИФРОВОМУ ДВОЙНИКУ

Прокофьева П.В.

Научный руководитель: Пимушкин Я.И. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Актуальность исследования обусловлена тем, что метрологическое обеспечение климатических камер в РФ преимущественно основывается на фиксированных межаттестационных интервалах [1]. Указанный подход носит унифицированный характер и не учитывает вариативность эксплуатационных режимов оборудования. Различия в интенсивности использования, уровне термических нагрузок и длительности рабочих циклов обуславливают неоднородность процессов деградации метрологических характеристик. Вследствие этого применение фиксированных интервалов не обеспечивает достоверной оценки технического состояния конкретных установок.

Современные тенденции развития технического обслуживания связаны с переходом к подходам, основанным на анализе фактического состояния оборудования [2]. Существенное значение при этом имеет применение цифровых двойников – динамических моделей, синхронизированных с параметрами функционирования объекта [3]. Для выявления отклонений параметров от установленных норм целесообразно использование контрольных карт Шухарта, обеспечивающих статистическое разделение случайной и систематической составляющих вариации [4].

Разработан подход, обеспечивающий совместное применение контрольных карт Шухарта и цифрового двойника для динамической корректировки межаттестационного интервала. Предлагаемый метод учитывает индивидуальные траектории изменения параметров конкретной камеры и формализует критерии достижения предельного состояния на основе статистически значимых отклонений.

Предлагаемое решение состоит в переходе от фиксированной аттестации к адаптивной системе обслуживания, в рамках которой реализуется модифицированная методика применения контрольных карт Шухарта с учетом специфики температурно-временных процессов.

Предложенный подход реализован в виде программно-алгоритмического комплекса, обеспечивающего сбор, обработку и анализ данных о температурных режимах климатических камер в режиме, близком к реальному времени. Сформирована модель цифрового двойника, учитывающая тепловую инерционность, характер переходных процессов и особенности рабочих циклов оборудования, а также реализованы процедуры построения и адаптации контрольных карт Шухарта с учетом нестационарности температурных рядов и требований к метрологической достоверности.

Библиографический список:

1. ГОСТ Р 8.568–2017. Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения.
2. Dhillon B.S. Engineering Maintenance: A Modern Approach. – CRC Press, 2002.
3. Tao F., Zhang H. Digital Twin Shop-Floor: A New Shop-Floor Paradigm // IEEE Access, 2017.
4. ГОСТ Р ИСО 7870-2–2015. Статистические методы. Контрольные карты. Часть 2. Контрольные карты Шухарта.

**РАЗРАБОТКА ВСТРАИВАЕМОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ
В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ НА БАЗЕ ОДНОПЛАТНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ**

Пуговев А.Б.

Научный руководитель: Педь С.Е. – ст. преподаватель

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

В современных условиях наблюдается активное развитие систем технического зрения, применяемых в промышленности, системах безопасности и автоматизации. Особое внимание уделяется встраиваемым системам обработки видеоизображений, функционирующим в режиме реального времени непосредственно на периферийных устройствах (edge computing). Это позволяет снизить задержки обработки данных и уменьшить зависимость от внешних вычислительных ресурсов.

Целью данной работы является разработка встраиваемой системы обработки видеоизображений, обеспечивающей функционирование в реальном времени на базе одноплатных компьютеров. В качестве аппаратной платформы рассматриваются решения, такие как Raspberry Pi 4 и NVIDIA Jetson Nano, обладающие достаточной вычислительной мощностью при низком энергопотреблении.

В рамках работы решаются следующие задачи: анализ существующих методов обработки изображений, разработка архитектуры системы, реализация алгоритмов обработки видеопотока, а также оптимизация программного обеспечения для работы в условиях ограниченных вычислительных ресурсов. В качестве программных средств используется библиотека OpenCV, позволяющая реализовать алгоритмы фильтрации, сегментации и детекции объектов. Для повышения точности обработки возможно применение методов машинного обучения с использованием TensorFlow.

В качестве экспериментальной базы используются открытые наборы данных, такие как MVТес AD, а также собственные изображения, полученные с видеокамеры. Проведённые исследования направлены на оценку производительности системы, точности распознавания и устойчивости к внешним воздействиям.

Результатом является создание прототипа встраиваемой системы, способной функционировать в реальном времени.

Библиографический список:

1. Гонсалес, Р. Ц. Цифровая обработка изображений / Р. Ц. Гонсалес, Р. Е. Вудс. — 4-е изд. — М.: Пирсон, 2018. — 1168 с.
2. Сзелиски, Р. Компьютерное зрение: алгоритмы и приложения / Р. Сзелиски. — Лондон: Springer, 2011. — 812 с.
3. Брэдки, Г. Изучаем OpenCV: компьютерное зрение с использованием библиотеки OpenCV / Г. Брэдки, А. Кэлер. — Sebastopol: O'Reilly Media, 2008. — 580 с.
4. Гудфеллоу, И. Глубокое обучение / И. Гудфеллоу, Й. Бенджио, А. Курвиль. — Кембридж – MIT Press, 2016. — 775 с.
5. OpenCV: документация. — URL: <https://docs.opencv.org/> (дата обращения: 01.04.2026).
6. TensorFlow: документация. — URL: <https://www.tensorflow.org/> (дата обращения: 01.04.2026).

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЬБЫ

Разина Д.А.

Научный руководитель: Меликова О.Н. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

В современном машиностроении резьба является одним из ключевых элементов геометрии деталей. От качества выполнения резьбы напрямую зависит долговечность и работоспособность машин и механизмов. Поэтому контроль её параметров – одна из главных метрологических задач. На рисунке 1 показаны основные геометрические параметры метрической резьбы.

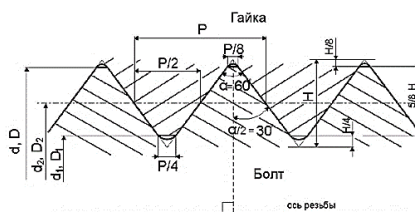


Рис. 1. Основные геометрические параметры метрической резьбы

Нормируемыми параметрами резьбы являются наружный диаметр болта (d), внутренний диаметр гайки (D_1) и средний диаметр болта (d_2) и гайки (D_2). Ключевым расчетным параметром является приведенный средний диаметр ($d_{2пр}$, $D_{2пр}$) – средний диаметр воображаемой идеальной резьбы, которая имеет те же шаг и угол профиля, что и номинальная, и плотно соприкасается с реальной резьбой по боковым сторонам. Приведенный средний диаметр учитывает не только фактический средний диаметр, но и диаметральные компенсации погрешностей шага и угла профиля.

Контроль параметров резьбы осуществляется двумя основными методами: комплексным и дифференциальным. Дифференциальный метод измерения параметров резьбы включает в себя оптический метод. Оптический метод измерения относится к бесконтактным, его суть заключается в получении изображения профиля резьбы в проходящем свете. По теневой проекции контура детали оператор определяет требуемые параметры. Для повышения точности визирования на боковую сторону профиля часто применяются измерительные ножи, которые подводятся вплотную к витку, заменяя размытую тень четкой риской.

Оптический метод не свободен от целого ряда погрешностей, который включает в себя: погрешность средства измерений; погрешность наведения на край; погрешности, связанные с использованием измерительных ножей; погрешность от перекоса оси резьбы (погрешность от установки в центрах); погрешности, связанные с углом подъема винтовой линии; погрешности, связанные с формой детали.

Библиографический список:

- ГОСТ 24705–2004. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Основные размеры: дата введения 2005-07-01. – Москва: Стандартинформ, 2005. – 19 с.
- Марков, Н.Н. Конструкция, расчёт и эксплуатация контрольно-измерительных инструментов и приборов / Н. Н. Марков, Г.М. Ганевский. – Москва: Машиностроение, 1981. – 415 с.

КОСВЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Рогачев К.М.

Научный руководитель: Гусев В.Н. – к.т.н., доцент

**Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ
«СТАНКИН»**

В современном приборостроении прямое измерение ряда физических величин невозможно или экономически нецелесообразно. В таких случаях применяются косвенные измерения, основанные на вычислении искомого параметра через функционально связанные с ним величины. Одним из наиболее распространенных примеров является определение мощности электрической цепи по значениям напряжения и тока.

Мощность электрической цепи определяется по формуле $P = U \cdot I$, где U — напряжение, а I — сила тока. При этом точность результата зависит от точности измерения обеих входных величин. Основной проблемой косвенных измерений является распространение погрешностей. Для оценки неопределенности результата применяются методы MAX–MIN, вероятностный метод, GUM-подход и метод Монте-Карло.

Метод MAX–MIN позволяет определить максимально возможную погрешность результата, подставляя предельные значения напряжения и тока. GUM-метод основан на квадратурном сложении стандартных неопределенностей и применяется в современной метрологии как основной способ оценки точности косвенных измерений. Метод Монте-Карло особенно эффективен для нелинейных зависимостей и позволяет получить распределение значений мощности на основе большого числа моделирований.

Для реализации измерительного канала используются датчики напряжения и тока, аналого-цифровой преобразователь и вычислительный блок. Разработка таких систем позволяет повысить точность измерений, обеспечить соответствие требованиям ГСИ и использовать результаты для проектирования современных приборов и систем контроля.

Библиографический список:

1. ГОСТ 16263–70. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Термины и определения. — М.: Издательство стандартов, 1970.
2. МИ 1317–86. Государственная система обеспечения единства измерений. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. — М.: Госстандарт СССР, 1986.
3. МИ 2083–90. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей. — М.: Госстандарт СССР, 1990.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ФИЛЬТРАЦИИ СИГНАЛОВ ПРИ ПРОФИЛЬНЫХ МЕТОДАХ ИЗМЕРЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ

Рычков В.Е.

Научный руководитель: Меликова О.Н. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ «СТАНКИН»

В современных условиях производства большое внимание уделяется качеству поверхности, так поднимается вопрос оценки шероховатости. Шероховатость представляет собой поверхностные микронеровности, образующиеся в процессе изготовления или последующей эксплуатации детали и характеризующие ее износостойкость, стойкость к коррозии, способность удерживать масляный слой и т.д. Однако корректное ее выделение из общего профиля невозможно без применения процедуры фильтрации, которая позволяет разделить форму, волнистость и шероховатость.

Ключевой проблемой при анализе профилограмм является некорректное разделение сигнала на составляющие. Стандарт ГОСТ 8.895-2015 регламентирует использование профильных фильтров с установкой граничных длин волн:

1. Фильтр λ_s - определяет границу между шероховатостью и нежелательным высокочастотным шумом.
2. Фильтр λ_c –разделяет шероховатость и волнистость. Определяет базовую длину, на которой вычисляются параметры.
3. Фильтр λ_f - определяет границу между волнистостью и отклонением формы.

В ходе работы рассмотрены фильтры, применяемые в современных профилометрах и проведен сравнительный анализ между ними:

1. Гауссов фильтр – наиболее распространённый, линейная фазовая характеристика, недостатком является «краевой эффект».
2. Сплайн фильтр – минимизирует краевые искажения, использует кубический сплайн.
3. Морфологический фильтр – современный подход, базируется на математической морфологии, более точный анализ выраженных пиков и впадин, моделирует физический контакт щупа с поверхностью.
4. Вейвлет фильтр – декомпозирует профиль на уровни, подходит для условий, когда шероховатость и волнистость имеют близкий состав.

Проведенное исследование показывает, что выбор фильтрации следует производить с учетом типа поверхности, поставленной задачи и наличия дефектов.

Для обеспечения более глубокого анализа поверхности рекомендуется переход от традиционного гауссовского фильтра к гибридным схемам оценки, что позволит более точно оценить параметры шероховатости с учетом сложности профиля.

Библиографический список:

1. Дэвид Уайтхауз, Метрология поверхностей, принципы, промышленные методы и приборы: Научное издание/ Д. Уайтхауз. – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2009. – 472 с.
2. Табенкин, А.Н., Шероховатость, волнистость, профиль/ С.Н. Степанов, А.Н. ТАБЕНКИН, С.Б. ТАРАСОВ. – СПб: Издательство политехнического университета, 2007. – 133 с.
3. ГОСТ Р ИСО 4287-2014: Геометрические характеристики изделий. Структура поверхности. Профильный метод. Термины, определения и параметры структуры поверхности: дата введения 12.12.2014. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 23 с.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ С ПОВЕРХНОСТЯМИ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПТОЭЛЕКТРОННОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНЕРА

Саканян А.Т.

Научный руководитель: Шулепов А.В. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

В работе рассматриваются вопросы повышения точности и расширения функциональных возможностей лазерных сканирующих систем при измерении деталей с внутренними поверхностями сложной формы. Актуальность обусловлена необходимостью контроля геометрии труднодоступных полостей в изделиях авиационной, медицинской и автомобильной промышленности, где традиционные контактные и оптические методы имеют ограничения.

Исследование выполнено на базе оптоэлектронного лазерного сканера Roland LPX-250. Разработана методика измерений, включающая: подготовку поверхности с нанесением матирующего покрытия для устранения бликов, многоракурсное сканирование с фиксацией объекта на поворотном столе, постобработку данных с применением алгоритмов ICP для совмещения облаков точек.

Экспериментально установлено, что ключевыми факторами, влияющими на точность, являются позиционирование объекта относительно оси вращения, качество и место нанесения покрытия, а также выбор режима сканирования (плоскостной или круговой). Смещение детали от центра стола на 3 см приводит к значительным искажениям модели, а нанесение матирующего состава на внутренние поверхности позволяет снизить погрешность измерения диаметра отверстий с 0,1 мм до 0,03 мм.

Разработанная методика позволяет использовать сканер Roland LPX-250 для высокоточного контроля внутренних поверхностей сложной формы, что подтверждено сравнением полученных 3D-моделей с эталонными образцами. Научно-практический результат заключается в создании алгоритма подготовки и проведения измерений, обеспечивающего погрешность не более 0,05 мм, что соответствует требованиям ГОСТ для ответственных деталей машиностроения.

Библиографический список:

1. PICZA 3D laser scanner. LPX-250. User's manual [Электронный ресурс]. URL: https://downloadcenter.rolanddg.com/contents/manuals/LPX-250_USE_EN_R4.pdf (дата обращения: 14.05.2025).
2. Шулепов А. В., Пьей Сони Вин. Исследование влияния шероховатости поверхностей на погрешность измерения координат точек в лазерных сканирующих оптоэлектронных измерительных системах // Вестник МГТУ Станкин. 2019. № 1 (48). С. 83–88.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ И ДЕТАЛЕЙ-ОБРАЗЦОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ СКАНИРОВАНИЯ В ЛСОЭС

Седельников А.И.

Научный руководитель: Шулепов А.В. – к.т.н. доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

В настоящее время объём производства различных деталей сложной формы требует наличия способов быстрого и точного измерения большого количества параметров. Одним из таких способов являются лазерные сканирующие оптоэлектронные системы, способные измерить больше параметров за единицу времени, чем традиционные КИМ. Однако для обеспечения достоверности измерений критически важно понимать и количественно оценивать погрешности таких систем. На данный момент существует потребность в унифицированном подходе к верификации точности сканирования.

Для исследования погрешностей необходима разработка комплексной методики, включающей проектирование и изготовление деталей-образцов, а также методика проведения измерений. В процессе разработки важно учитывать не только форму образцов, но и технологичность их производства, чтобы исключить влияние собственных погрешностей изготовления на результаты тестирования системы. Это требует создания математической модели оценки отклонений и процедур сравнения облака точек с CAD-моделью эталона.

В исследовании проводится разработка методики и конструкции деталей-образцов для исследования погрешностей сканирования в лазерной сканирующей оптоэлектронной системе. На основе анализа источников ошибок предложены формы тестовых объектов, позволяющие локализовать различные виды погрешностей (позиционирования, угловые, масштабные). Описан процесс валидации методики с использованием экспериментальных данных, что позволяет стандартизировать процесс оценки качества сканирования.

Результаты работы могут послужить основой для создания стандартов верификации лазерных сканирующих систем и внедрения практик регулярного метрологического контроля. Разработанные детали-образцы и методика позволяют более точно оценивать реальные возможности оборудования, что имеет ключевое значение для обеспечения качества в таких областях, как обратный инжиниринг, робототехника и высокоточное промышленное производство.

Библиографический список:

1. Исследование влияния шероховатости поверхности на точность сканирования в ЛСОЭС. Материалы XVII Всероссийской конференции с международным участием «Машиностроение: традиции и инновации (МТИ – 2024)». Сборник докладов – М.: ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН».

МИКРОСКОПИЧЕСКАЯ ОПТОЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА С ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКОЙ ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ МАЛЫХ ОТВЕРСТИЙ

Соколов С.П.

Научный руководитель: Шулепов А.В. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Рассматривается проблема контроля качества изготовления элементов такого изделия массового производства как швейные иглы для ручного и машинного шитья. Важнейшим элементов швейных игл являются отверстия для вдевания и протягивания нити. Требования к таким отверстиям заключаются в надежности скольжения нити по поверхностям отверстий, отсутствии дефектов, вызывающих заедание, расслаивания, «мохрения» и разрыва нити. Очевидно, что такие требования определяются в основном параметрами геометрической точности отверстия и прилегающих к отверстию поверхностей. Техпроцесс изготовления отверстия заключается в формировании сквозного отверстия овальной или прямоугольной формы и зоны вокруг отверстия методами штамповки микроинструментом с последующими отделочными операциями, обеспечивающими окончательную форму и микрогеометрию этого элемента иглы (рис.1). В настоящее время при производстве используется не автоматизированный, «ручной» выборочный контроль этих параметров с помощью оптического микроскопа и лупы.

Для массового производства таких изделий следует разрабатывать автоматизированные системы контроля, которые способны обеспечивать оптимальный уровень контроля от выборочного до сплошного с учетом особенностей протекания технологического процесса. Проводится разработка оптоэлектронной микроскопической системы для измерения определения параметров отверстия: высоты и ширины отверстия, скруглений, площади сквозного отверстия, симметричности расположения от базовых элементов, а также факта наличия отверстия. Также разрабатывается подсистема для оценивания шероховатость изделия на заданном участке, поиска и распознавания изъянов на поверхностях скольжения нити.

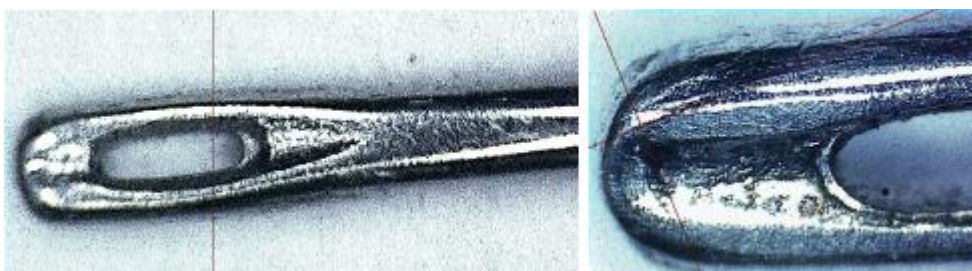


Рис. 1. Изображение контролируемых областей изделий (увел. 30х и 100х)

В ходе исследований было разработано программно-математическое и метрологическое обеспечение для анализа параметров отверстия и оценки шероховатости по изображению. на заданном участке в зоне отверстия.

Библиографический список:

1. Григорьев И. А. Измерение малых отверстий – М.:ОБОНГИЗ, 1953 – 116 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА ОТ РАЗМЕРНОГО ИЗНОСА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ СТАЛЬНОЙ ЗАГОТОВКИ

Суворова М. С.

Научный руководитель: Пимушкин Я.И. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

В условиях современного производства задача своевременной диагностики состояния режущего инструмента является актуальной, поскольку дефекты режущей кромки приводят к снижению качества обработки и производительности технологических процессов.

В работе представлена экспериментальная установка, закрепляемая на державке станка и предназначенная для регистрации виброакустических колебаний. Передача данных осуществляется по беспроводному каналу (Bluetooth) на персональный компьютер с последующей обработкой. Анализ сигнала выполнялся по ряду статистических параметров: амплитуде, среднему значению, среднеквадратическому отклонению (СКО) и дисперсии. Установлено, что наибольшей информативностью обладает СКО, демонстрирующее устойчивую корреляцию с увеличением износа задней поверхности режущего инструмента.

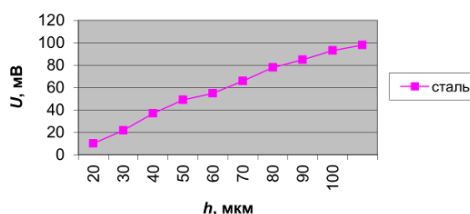


Рис. 1. Зависимость износа задней поверхности от параметров виброакустического сигнала

Экспериментальные исследования, проведенные в производственных условиях, подтвердили наличие зависимости между уровнем виброакустического сигнала и степенью износа режущего инструмента (рис. 1). Показано, что изменение статистических характеристик сигнала, в частности среднеквадратического отклонения, носит закономерный характер и может быть использовано в качестве диагностического признака износа задней поверхности инструмента. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности применения виброакустического метода в задачах мониторинга состояния режущего инструмента и позволяют рассматривать его как основу для построения автоматизированных систем предиктивной диагностики, направленных на повышение надежности технологического процесса и снижение вероятности внезапного отказа инструмента.

Библиографический список:

1. Зубарева, А. В. Обзор видов износа режущего инструмента и причин его возникновения / А. В. Зубарева // Инновационные технологии в металлообработке. – Ульяновск: Ульяновский государственный технический университет, 2019. – С. 107-109.
2. Калмыков, В. В. Выбор метода для автоматизации контроля состояния режущего инструмента / В. В. Калмыков, Ф. И. Антонюк, Н. В. Zenкин // Южно-сибирский научный вестник. – 2014. – Т. 7, № 3. – С. 53–55.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОПУСТИМОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КВАЗИДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ПОДХОДА НА ФОНЕ КЛАССИЧЕСКОГО (ИНТЕГРАЛЬНОГО) ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ОБЪЁМНОЙ ТОЧНОСТИ ТРЁХКООРДИНАТНОГО СТАНКА

Тараканов М.И.

Научный руководитель: Пимушкин Я.И. – к.т.н., доцент

**Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ
«СТАНКИН»**

Целью данной работы является доказательство сопоставимости классического (интегрального) и квазидифференциального подходов посредством их сравнительного анализа. Такой вывод позволит повысить точность применяемых моделей и, соответственно, точность программной коррекции рассматриваемых станков.

Точность механической обработки определяется множеством факторов, ключевой из которых — геометрическая объёмная погрешность станка, включающая в себя 21 составляющую. Для укрупнённого мониторинга состояния станка был разработан ряд математических моделей (например, модель [1]), оценивающих вектор смещения действительного положения инструмента относительно заданного на холостом ходу. При этом существуют недостатки классического подхода к расчёту такой погрешности вне осей. В связи с этим актуален визуальный сравнительный анализ с визуальным сопоставлением обоих упомянутых подходов.

Пути решения проблемы: изучение модели геометрической объёмной погрешности станка и методик указанных подходов, реализация программных модулей по вычислению объёмной погрешности рассматриваемыми подходами, сравнение результатов при помощи программного обеспечения (ПО), представленного в работе [3].

Получено следующее изображение (рис.1) двух запусков ПО по визуализации [3] для одних и тех же данных, но разных подходов. Данное изображение позволяет с уверенностью утверждать о возможности применения квазидифференциального метода наравне с классическим (интегральным).

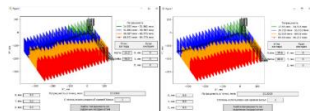


Рис. 1. Результаты визуализации

Библиографический список:

1. Пимушкин Я. И., Стебулянин М. М., Мастеренко Д. А. Анализ моделей измерения и коррекции объёмной погрешности трёхкоординатного металлорежущего станка. Измерительная техника, 73(7), 35–43 (2024);
2. Пимушкин Я.И. Разработка метода повышения объёмной точности многокоординатного металлорежущего оборудования на основе цифровой коррекции перемещений рабочих органов: дис. к-та техн. наук / Я. И. Пимушкин; ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН». — Москва, 2023. — 178 с.: ил. — Библиогр.: с. 48–63, 117–124. — Текст: непосредственный;
3. Тараканов М. И. Разработка программного обеспечения для визуализации и исследования модели измерения и коррекции объёмных погрешностей трёхкоординатного металлорежущего станка: вып. квал. работа / М. И. Тараканов; ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН». — Москва, 2025. — 113 с.: ил. — Библиогр. : с. 48–58. — Текст : непосредственный.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ СОВМЕСТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Тимонина Е.А.

Научный руководитель: Меликова О.Н. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Совместные измерения представляют собой измерения нескольких взаимосвязанных величин, при которых искомые параметры определяются на основе обработки системы уравнений, связывающих результаты наблюдений. Примерами совместных измерений являются определение параметров линейной зависимости, нахождение физических констант по экспериментальным данным, а также задачи обработки косвенных измерений при наличии коррелированных погрешностей.

Математическая модель совместных измерений в общем виде представляется системой уравнений:

$$y_i = f_i(x_1, x_2, \dots, x_n) + \varepsilon_i,$$

где y_i — результаты наблюдений, x_j — искомые параметры, ε_i — случайные погрешности. Для оценки параметров широко применяется метод наименьших квадратов (МНК), основанный на минимизации суммы квадратов отклонений экспериментальных данных от модели.

В случае линейной модели задача сводится к системе:

$$y = Ax + \varepsilon,$$

Тогда решение записывается в виде:

$$x = (A^T A)^{-1} A^T y.$$

Линейные модели удобны для программной реализации, так как позволяют использовать эффективные численные алгоритмы и обеспечивают устойчивость вычислений. В разработанном программном обеспечении реализованы алгоритмы обработки результатов совместных измерений для линейных зависимостей с возможностью оценки параметров и анализа остатков.

Перспективным направлением исследований является разработка методов расчёта погрешностей при совместных измерениях, включая учёт корреляции входных данных и влияние систематических составляющих. Также представляет интерес расширение программной реализации на нелинейные модели и применение численных методов оптимизации для их решения.

Библиографический список

1. Рабинович С. Г. Погрешности измерений. — М.: Энергия, 1978. — 104 с.
2. Маликов М. Ф. Основы метрологии. — М.: Машиностроение, 1980. — 256 с.
3. Бурдун Г. Д., Марков Б. Н. Основы метрологии. — 3-е изд., перераб. — М.: Изд-во стандартов, 1985. — 256 с.: ил.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО МИКРОСКОПА С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫМ ОБЪЕКТОМ В ЗОНЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Фильков Н.А.

Научный руководитель: Шулепов А.В. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Рассматриваются проблемы измерения на оптических измерительных микроскопах в труднодоступных зонах элементов деталей машиностроительной отрасли, а также повышение точности измерения малогабаритных объектов.

Исследование проводится на базе информационно-измерительной системы компьютеризированного микроскопа УИМ-21 с применением дополнительного объекта в зоне визирования – оптоволоконного щупа.

Разработанное приспособление является дополнением к оригинальной системе. Оно расширяет функциональные способности микроскопа, позволяя проводить измерения в труднодоступных местах элементов деталей, а также использовать эффект самосвечения оптоволоконного щупа для измерения глухих отверстий и впадин.

Использование щупа позволяет производить измерения в контактном и бесконтактном режимах. Каждый из этих режимов имеет свои преимущества, но именно благодаря смонтированному на микроскопе приспособлению можно извлечь преимущества обоих методов одновременно. Применяя при визировании на точке измеряемого объекта оптический эффект, схожий с эффектом, заложенным в принципе действия перфлектметра, можно производить измерения, не касаясь щупом объекта измерения.

Описываемый эффект заключается в следующем: фокальная плоскость объектива визирного микроскопа располагается в среднем сечении измеряемого объекта. В этой же плоскости располагался сферический наконечник щупа. При подходе к измеряемой поверхности в поле зрения камеры измерительной системы появляется резкое изображение наконечника щупа на фоне нерезкого изображения края детали (рис. 1). Такой эффект наблюдается при измерении как в проходящем свете, так и в режиме «самосвечения» щупа. Последующая цифровая обработка изображений щупа позволяет определить координату измеряемой точки на поверхности детали.

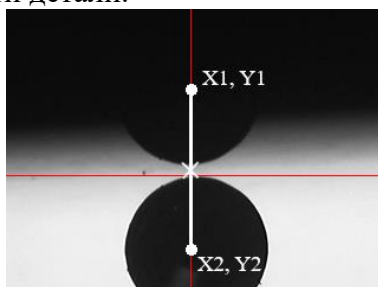


Рис. 1. Эффект отражения головки оптоволоконного щупа в теле детали

Библиографический список:

1. Зуйков, А. А. Повышение точности координатных измерений геометрических параметров объектов в компьютерной микроскопии с дополнительным телом в зоне измерения – Москва, 2013. – 21 с.

КОНТРОЛЬ СФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Харламов М.В.

Научный руководитель: Гусев В.Н. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

В настоящее время на производстве нередко встречаются изделия со сферическими поверхностями, к которым также предъявляются высокие требования по точности.

Датчик коррекции координат – компактное встраиваемое устройство, содержащее ранее разработанное ПО, реализующее дифференциальные методы перерасчета координат без физического измерения параметров. Объект исследования: алгоритмы дифференциальной коррекции координат и методы их аппаратной реализации на embedded-платформе.

Назначение:

- автоматизация постпроцессорной коррекции УП;
- компенсация геометрических и кинематических ошибок осей X, Y, Z, A, C;
- сокращение времени подготовки УП и повышение точности обработки;
- интеграция в существующие системы ЧПУ (Fanuc, Siemens, Heidenhain) и CAD/CAM (NX, Mastercam).

Состав датчика:

- Микроконтроллер;
- Интерфейсная плата связи;
- Корпус с индикацией состояния (LED);
- Программатор для загрузки/отладки.

Таблица 1.

Основные характеристики датчика коррекции координат

Параметры	Значения
Точность коррекции	$\leq 0,005$ мм (линейные оси), $\leq 0,005^\circ$ (поворотные оси)
Время перерасчета одного цикла	≤ 5 мс
Обработка УП	До 5000 команд в реальном времени
Интерфейс связи	RS-485 и/или Ethernet
Энергопотребление	≤ 5 Вт

Библиографический список:

1. П.Ю. Бочкарев, О.В. Захаров, Е.П. Решетникова Контроль сферических поверхностей на координатно-измерительных машинах по минимуму измеряемого объёма. – 2015. – С. 6-8.
2. Курносенко А.И. Об алгоритмах обработки координатных измерений круглых профилей и сферических поверхностей // Измерительная техника. – 1992. – № 1. – С. 25–27.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИЗМЕРЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ НА ПРОФИЛОМЕТРЕ

Хуриев Д.А.

Научный руководитель: Меликова О.Н. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ «СТАНКИН»

Шероховатость – это совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенная с помощью базовой длины. Она появляется при обработке и эксплуатации детали и может влиять на различные процессы, такие как трение, износ и эстетический вид.

Существуют контактные и бесконтактные методы измерения шероховатости. Контактный метод включает в себя использование профилометров, измерительные иглы которых контактируют с поверхностью для получения информации о её микронеровностях. Датчики профилометров подразделяются на опорные и безопорные.

Опорный датчик имеет опору с радиусом, значительно превышающим радиус иглы. Во время измерения опора следует за макронеровностями: волнистостью и формой. При этом определяются колебания иглы относительно опоры, используемые для вычисления параметров шероховатости. Преимуществами данного датчика являются: прочность, меньшая чувствительность к вибрациям, простая установка.

Безопорный датчик жестко связан с прецизионной прямолинейной направляющей, служащей независимой опорной поверхностью для него. Преимуществом безопорного датчика является возможность представлять профиль поверхности без искажений в отличие от опорного. Недостатком же является большая чувствительность к вибрациям, более сложная настройка перед проведением измерений.

В ходе исследований выполнено математическое моделирование движения иглы при использовании опорного и безопорного датчика.

При использовании безопорного датчика наклон или волнистость исследуемого профиля переносится на профилограмму. Опорный датчик позволяет частично сгладить их влияние, выступая в роли механического фильтра неровностей поверхности.

Негативными последствиями использования опоры является искажение формы профилограммы по сравнению с действительной формой профиля (рис. 1), а также возможные повреждения исследуемой поверхности опорой, которая несет на себе нагрузку, создаваемую датчиком.

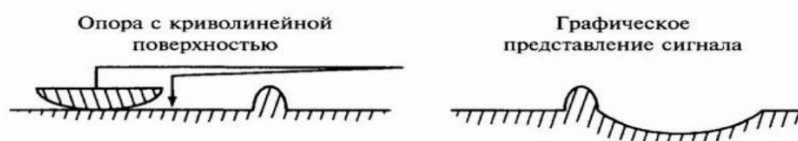


Рис. 1. Искажение формы профиля

Библиографический список:

1. ГОСТ 25142-82 «Шероховатость поверхности. Термины и определения»
2. Уайтхауз Д. Метрология поверхностей. Принципы, промышленные методы и приборы. - М.: Интеллект, 2009. - 472 с.
3. Марков Н.Н., Ганевский Г.М. Конструкция, расчет и эксплуатация контрольно-измерительных инструментов и приборов. – М.: Машиностроение, 1993. – 416 с.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПРОФИЛОМЕТРА-ПРОФИЛОГРАФА

Чепурной И.А.

Научный руководитель: Мастеренко Д.А. – д.т.н., профессор

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Шероховатость и микрогеометрия поверхности является важным элементом обеспечения качества в машиностроении и смежных отраслях, поскольку напрямую влияет на износостойкость, трение, герметичность и ресурс изделий. Измерение параметров поверхности применяется как на этапах обработки, так и в серийном производстве.

Одним из основных видов средств измерения и контроля шероховатости являются контактные профилометры-профилографы, реализующие профильный метод измерения: перемещение щупа по оси X и регистрация микрорельефа по оси Z с последующей цифровой обработкой.

Ключевым элементом прибора является система перемещений (узел трассирования), от характеристик которой зависят точность, прямолинейность движения, стабильность скорости и уровень вибраций, а значит — точность результатов измерений.

В условиях ограничений поставок зарубежной техники и необходимости обеспечения технологического суверенитета России актуальна задача импортозамещения критических компонентов измерительных систем. Разработка и внедрение отечественных аналогов позволяет не только снизить зависимость от внешних поставщиков, но и повысить надежность, безопасность и управляемость технологических процессов, особенно в стратегически значимых отраслях промышленности.

Целью работы является разработка одноосевой системы перемещений профилометра-профилографа, ориентированной на использование доступной отечественной компонентной базы.

В рамках работы были сформулированы технические требования к разрабатываемой системе перемещений как целевые ориентиры для разрабатываемой системы. Значения выбраны исходя из характерных уровней, публикуемых для серийных приборов в открытых спецификациях и учета практической реализуемости:

- прямолинейность траектории по оси X на длине 25 мм: не хуже 0,5 мкм;
- повторяемость позиционирования: не хуже $\pm 0,5$ мкм;
- дискретность отсчета координаты X : 0,1–0,5 мкм;
- нестабильность скорости на участке измерения: не более ± 1 –2% (для обеспечения равномерного шага выборки);
- вибрационный фон: минимизация резонансных колебаний в рабочем диапазоне скоростей; применение демпфирования и S-образных профилей разгона.

В ходе работы предполагается реализовать макет системы в виде композиции модулей: механический модуль перемещения, электронный модуль управления движением и программный модуль интерфейса/протоколирования. В качестве датчика координаты X применяется инкрементальный преобразователь линейных перемещений, что позволяет реализовать замкнутый контур управления и контролировать влияние люфтов и температурных факторов.

Библиографический список:

1. ГОСТ 2789–73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ И КОМПЕНСАЦИИ ТЕПЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ СТАНКОВ

Яруллина А.Р.

Научный руководитель: Пимушкин Я.И. – к.т.н., доцент

Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ

«СТАНКИН»

Целью работы является сравнительный анализ датчиковых и бездатчиковых методов компенсации тепловых деформаций металлорежущих станков с позиций метрологической состоятельности, устойчивости к эксплуатационным воздействиям и применимости в условиях производства.

Актуальность обусловлена значительным влиянием тепловых процессов на точность обработки: доля температурно-индуцированных погрешностей достигает 40–70 % суммарной погрешности, что требует разработки эффективных методов их компенсации.

Датчиковые методы, представленные в работах [1], основаны на использовании распределённых систем температурных измерений. Бездатчиковые подходы предполагают оценку теплового состояния станка на основе математических моделей и внутренних параметров системы управления [2]. При этом большинство исследований ориентировано на развитие отдельных подходов без их комплексного сопоставления.

В работе реализован системный подход к сравнительной оценке указанных методов с учётом конструктивно-компоновочных особенностей станков и режимов термонагружения. Анализ проводится по критериям точности аппроксимации теплового состояния, чувствительности к параметрической неопределённости, а также вычислительной и аппаратной сложности реализации.

Результатом является формирование системы количественных и качественных критериев (погрешность компенсации, устойчивость, адаптивность), позволяющих классифицировать методы и обосновывать выбор рационального подхода для конкретных условий эксплуатации.

Таблица 1.

Сравнительный анализ датчиковых и бездатчиковых методов

	Датчиковый метод	Бездатчиковый метод
Принцип работы	Использование распределённой системы температурных датчиков с последующей идентификацией деформаций на основе регрессионных или физико-математических моделей.	Косвенная оценка теплового состояния на основе внутренних параметров системы ЧПУ (нагрузки, скорости, мощности приводов) и тепловых моделей.
Недостатки	Зависимость точности от выбора и размещения датчиков; увеличение аппаратной сложности и стоимости.	Чувствительность к ошибкам идентификации параметров модели; снижение точности при изменении условий эксплуатации.

Библиографический список:

1. Кузнецов, А. П. Тепловые процессы в металлорежущих станках / А. П. Кузнецов. – Москва: Мир станкостроения, 2019. – 462 с.
2. Yu, X., Gao, X., Lu, W. et al. Long-term thermal error modeling and compensation for CNC machine tools based on enhanced Autoformer // Int. J. Adv. Manuf. Technol. – 2025.

Научное издание

**Материалы 1-го этапа студенческой научно-практической конференции
«Автоматизация и информационные технологии (АИТ-2026)»**

Институт цифровых интеллектуальных систем

Сборник тезисов докладов. Том 3