

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-2025)

ИНСТИТУТ ЦИФРОВЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

МОСКВА  
2025

УДК 002:621  
ББК 73:34.4

**Материалы 1-го этапа студенческой научно-практической конференции «Автоматизация и информационные технологии (АИТ-2025)».** Том 3: Сборник докладов института цифровых интеллектуальных систем. – М.: ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», 2025. – 144 с.

В сборник докладов включены материалы 1-го этапа студенческой научно-практической конференции «Автоматизация и информационные технологии» (АИТ-2025), 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:*

*Колодяжный Д.Ю. – д.т.н., и.о. проректора по НД.*

*Зам. председателя оргкомитета:*

*Бильчук М.В. – к.т.н., и.о. проректора по ОДиМП.*

*Члены оргкомитета:*

*Кориунова Е.Д. – директор ИСТМ;*

*Сосенушкин С.Е. – директор ИИТ;*

*Стебулянин М.М. – директор ИПТИ;*

*Шехтман С.Р. – директор ИЦИС;*

*Тюрбеева Т.Б. – начальник НИЧ;*

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

УДК 002:621  
ББК 73:34.4

© ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», 2025

## 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;*

*Захаров А.С. – преподаватель кафедры КСУ;*

*Мартемьянова Н.С. – преподаватель кафедры КСУ;*

*Седьмов А.Э. – 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;*

*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:*

*Глубоков А.В. – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой ИИСиТ.*

*Члены жюри:*

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

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

*Мастеренко Д.А. – д.т.н., профессор кафедры ИИСиТ;*

*Педь С.Е. – ст. преподаватель кафедры ИИСиТ;*

*Пимушкин Я.И., к.т.н., доцент кафедры ИИСиТ;*

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

*Телешевский В.И. – д.т.н., профессор, профессор кафедры ИИСиТ;*

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

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Секция № 10 Автоматизация и управление</b>			
1	<b>Абросимов М.А.</b>	РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ЦИКЛА ФРЕЗЕРОВАНИЯ КАРМАНА ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ	10
2	<b>Агабеков А.С.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СЛЕЖЕНИЯ ЗА СТЫКОМ СВАРИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ЭЛЕКТРОННО- ЛУЧЕВОЙ СВАРКЕ	11
3	<b>Акберов А.Р.</b>	МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ КРОССПЛАТФОРМЕННОГО ИНТЕРФЕЙСА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ЧПУ	12
4	<b>Алферов М.Д.</b>	ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СКЛАДОМ СОВРЕМЕННОГО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	13
5	<b>Антонов Д.А.</b>	ПОСТРОЕНИЕ КРОССПЛАТФОРМЕННОГО ИНТЕРФЕЙСА СЧПУ «АКСИОМА КОНТРОЛ» НА ОСНОВЕ БИБЛИОТЕК QT	14
6	<b>Аравин А.Д.</b>	АКТУАЛЬНОСТЬ И АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ 3D ПРИНТЕРОМ	15
7	<b>Астафьев В.О.</b>	ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ОТЕЧЕСТВЕННУЮ SCADA-СИСТЕМУ	16
8	<b>Бернев В.В.</b>	АВТОМАТИЗАЦИЯ АНАЛИЗА СЕЗОННОСТИ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНА	17
9	<b>Бирюков В.С.</b>	РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ПОЛОЖЕНИЯ КОНТЕЙНЕРА УСТАНОВКИ ВИБРОУДАРНОЙ ОБРАБОТКИ ТИПА ВУД	18
10	<b>Бойко А.</b>	РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВВОДА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ В БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	19
11	<b>Гомонок М.С.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО КУРСУ «АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ»	20
12	<b>Графов Н.Н.</b>	МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО РАЗРАБОТКЕ УП ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ФРЕЗЕРНОГО ТИПА С ПОМОЩЬЮ САМ-СИСТЕМ	21
13	<b>Дубровский А.А.</b>	РАЗРАБОТКА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ И ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОТОКОЛА MODBUS	22
14	<b>Ежов В.П.</b>	МОДЕРНИЗАЦИЯ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СВАРОЧНЫМ РТК НА БАЗЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ	23
15	<b>Ипполитова В.В.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ОНЛАЙН-СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ РАБОТЕ С НЕРЕЛЯЦИОННЫМИ БАЗАМИ ДАННЫХ	24
16	<b>Карасев С.И.</b>	РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СБОРА ДАННЫХ С СИСТЕМ ЧПУ И ПЕРЕДАЧИ ИХ В ОБЛАЧНОЕ ХРАНИЛИЩЕ	25
17	<b>Касеев Б.М.</b>	ИНТЕРАКТИВНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЛАЗЕРНОЙ ГРАВИРОВКИ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ПРЕДПРОСМОТРА НАСТРОЙКИ ПАРАМЕТРОВ	26
18	<b>Кобец К.Е.</b>	МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНЦИДЕНТАМИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ	27
19	<b>Кожевников Д.А.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СБОРА ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ СЧПУ «АКСИОМА КОНТРОЛ»	28
20	<b>Кондратьев В.Е.</b>	АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОДБОРА АНАЛОГОВ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА	29
21	<b>Кондратьева Д.Д.</b>	РАЗРАБОТКА ОБУЧАЮЩЕГО КУРСА ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ НАПИСАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ НА G КОДЕ	30
22	<b>Корнеев М.А.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЛЯ СЧПУ «АКСИОМА КОНТРОЛ»	31
23	<b>Крылов Д.И.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА БАЗЕ ВЕБ-ТЕХНОЛОГИЙ	32

24	<b>Кузьменков А.В.</b>	РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМОВ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ	33
25	<b>Кунгаа А.С.</b>	МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	34
26	<b>Куров Д.А.</b>	РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ РАСЧЁТОВ	35
27	<b>Лебедев Е.А.</b>	РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ОРС UA КЛИЕНТА НА ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON	36
28	<b>Леонтьева В.В.</b>	РАЗРАБОТКА УТИЛИТЫ ТОЧЕНИЯ ДЕТАЛИ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ	37
29	<b>Майоров А.М.</b>	РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ	38
30	<b>Маслова Е.П.</b>	ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СТАНЦИЕЙ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА	39
31	<b>Мелгар Г.Х.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ИОТ-РЕШЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ КЛИМАТА В ЦЕХУ	40
32	<b>Мельников Н.А.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ОТСЛЕЖИВАНИЯ НАЛИЧИЯ И СОСТОЯНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА СТАНКАХ С ЧПУ	41
33	<b>Меркулов К.Э.</b>	АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА	42
34	<b>Метельков П.Н.</b>	РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ВИЗУАЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ УП	43
35	<b>Морозов Д.А.</b>	РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ УП ДЛЯ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С РАЗЛИЧНЫМИ СЧПУ	44
36	<b>Нгема Манге Х.Р.Н.</b>	АВТОМАТИЗАЦИЯ СТАНЦИЙ ОЧИСТКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ВОДЫ	45
37	<b>Ндлову М.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ГИБКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ ПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ	46
38	<b>Нигматов О.Р.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СИНТЕЗА ИСКУССТВЕННЫХ АЛМАЗОВ	47
39	<b>Парусенко Н.С.</b>	РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СОРТИРОВКИ ДЕТАЛЕЙ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ С УЧЁТОМ РАЗНООБРАЗИЯ ИХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ДЕФЕКТОВ	48
40	<b>Петровичева А.С.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПАНЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ И НАСТРОЙКИ БАЗОВЫХ ПАРАМЕТРОВ МОДУЛЯ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ СЧПУ	49
41	<b>Писарев Д.И.</b>	РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ УДАЛЕННОЙ НАСТРОЙКИ СЕРВОПРИВОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОТОКОЛА CAN	50
42	<b>Пожаров А.В.</b>	РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОГО МОДУЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИКИ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА K1986BE1T	51
43	<b>Родин А.М.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА НАБОРА КОМАНД ОБРАБОТКИ ФАСОК И СОПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ СЧПУ «АКСИОМА КОНТРОЛ»	52
44	<b>Родионов Д.С.</b>	РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ РАБОТЫ С НЕЙРОСЕТЯМИ (NEUROCONSTRUCTOR)	53
45	<b>Савилов И.О.</b>	РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛИЦЕЙ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА	54
46	<b>Сахневич А.С.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА КОСМИЧЕСКИХ СНИМКАХ В КОНТЕКСТЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА	55
47	<b>Сидибе Б.А.</b>	АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ В ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ	56
48	<b>Синельников М.С.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕРМИНАЛОВ УДАЛЁННОГО МОНИТОРИНГА ПЛК ПО ПРОТОКОЛУ ОРС UA	57
49	<b>Слесарев А.О.</b>	РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ НА ОСНОВЕ ВЕКТОРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ	58

50	<b>Солдатов А.Ю.</b>	РАСШИРЕНИЕ И ВАЛИДАЦИЯ МАШИННЫХ ПАРАМЕТРОВ СЧПУ «АКСИОМА КОНТРОЛЬ»	59
51	<b>Степаненко К.В.</b>	РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ БИБЛИОТЕК АВИАСТРОЕНИЯ В T-FLEX CAD	60
52	<b>Строев А.Е.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КРОССПЛАТФОРМЕННОГО ИНТЕРФЕЙСА РЕДАКТОРА СОФТПЛК СЧПУ «АКСИОМА КОНТРОЛЬ»	61
53	<b>Сухомлинов Д.А.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ЭКСТРУЗИОННОГО ФОРМОВАНИЯ	62
54	<b>Талтыкин А.В.</b>	АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ И ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТИКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ	63
55	<b>Тангиев А.Б.</b>	РАЗРАБОТКА НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ МОБИЛЬНОГО КОЛЕСНОГО РОБОТА	64
56	<b>Тараканов А.А.</b>	РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ DXF-ЧЕРТЕЖА В G-КОД ДЛЯ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ	65
57	<b>Тимофеев Д.К.</b>	РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОВЕРКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ ПТК: «КОМЕГА» НА ОСНОВЕ УЧЕБНОГО СТЕНДА: «АСУ РЕГОР»	66
58	<b>Титов М.Д.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ ЧПУ С ПРОМЫШЛЕННЫМ РОБОТОМ В РАМКАХ ПОСТРОЕНИЯ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЯЧЕЕК	67
59	<b>Третьяков А.А.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ УТИЛИТЫ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СТАНКА С ЧПУ	68
60	<b>Уткина Т.К.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ГЕНЕРАЦИИ ПОДБОРА СПЕЦИФИКАЦИИ НАПРАВЛЯЮЩИХ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ЗАДАНИЮ	69
61	<b>Хамидов Д.А.</b>	ИНТЕРАКТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ДЛЯ CAD/CAM	70
62	<b>Черкендов Н.И.</b>	МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ПЛК ПРОГРАММ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ	71
63	<b>Чуйкин И.Г.</b>	РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ВАКУУМНОЙ СТАНЦИЕЙ И ИНТЕГРАЦИЯ С СОВРЕМЕННЫМИ СИСТЕМАМИ МОНИТОРИНГА	72
64	<b>Шамин С.А.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРЕДИКТИВНОГО АНАЛИЗА ОТКАЗОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ	73
65	<b>Шемякин А.О.</b>	МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПЛК БИБЛИОТЕК НА ЯЗЫКЕ FBD ДЛЯ СИСТЕМЫ ЧПУ «АКСИОМА КОНТРОЛЬ»	74
66	<b>Ющенко М.В.</b>	РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛИСТОГИБОЧНЫМ ПРЕССОМ НА БАЗЕ ПЛК	75
<b>Секция № 11. Робототехника и мехатроника</b>			
67	<b>Белолипецкий А.А.</b>	РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТИПОВ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА ПО ДАННЫМ СТЗ	76
68	<b>Болдырев В.Н.</b>	ОПЕРАТИВНЫЙ СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ РОБОТА	77
69	<b>Ермолаев А.С.</b>	РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОБИЛЬНОГО СКЛАДСКОГО РОБОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГОЛОСОВЫХ КОМАНД ПО BLUETOOTH В УСЛОВИЯХ ЗАШУМЛЕННОГО ПОМЕЩЕНИЯ	78
70	<b>Карайкоз Н.В., Чепиков И.А.</b>	НЕШТАТНЫЕ СИТУАЦИИ В РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ СВАРКИ	79
71	<b>Кочин А.Д.</b>	КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РОБОТА КЛАССА МОНОРЕЛЬСОВЫЙ ТРИПТЕРОН	80

72	<b>Куликов Ю.Н.</b>	ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ РЕШЕНИЙ ПО РАБОТЕ С МЕДИЦИНСКОЙ ДЕНСИТОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ В КОНТЕКСТЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ	81
73	<b>Курбатов В.К.</b>	МЕХАТРОННОЕ УСТРОЙСТВО НАМОТКИ ИЗДЕЛИЙ КОМПОЗИЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ	82
74	<b>Майоров В.В.</b>	УЧЕБНЫЙ МЕХАТРОННЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕНСОРНЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ РОБОТОВ	83
75	<b>Нагайцев Г.Н.</b>	ШЕСТИСТЕПЕННОЙ РОБОТ ПАРАЛЛЕЛЬНЮ СТРУКТУРЫ НА ДВУХ РЕЛЬСАХ	84
76	<b>Наумчик Т.Г.</b>	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ ПОДВОДНОГО РОБОТА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ С ДАТЧИКА ГЛУБИНЫ VAR30 СО ВСТРОЕННЫМ ДАТЧИКОМ ТЕМПЕРАТУРЫ	85
77	<b>Попов Д.С.</b>	РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРЕОДОЛЕНИЯ ПРЕПЯТСТВИЙ МОБИЛЬНОГО РОБОТА	86
78	<b>Царев Р.Х.</b>	ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЕРАЦИИ TAVI ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ УСТРОЙСТВ	87
79	<b>Шевела А.А.</b>	ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПЧЕЛИНЫХ УЛЬЕВ И ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПЧЕЛИНОГО РОЯ	88
80	<b>Яковчик Н.В.</b>	РАЗРАБОТКА ШАССИ НАЗЕМНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА С OMNI-КОЛЕСАМИ	89
<b>Секция № 12. Метрологическая информатика</b>			
81	<b>Бабенков Д.А.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ РЕЗЬБОВЫХ КАЛИБРОВ	90
82	<b>Бондарчук Д.Ю.</b>	ВЫЯВЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ОТВЕРДИТЕЛЕЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	91
83	<b>Борисов Ф.С.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ЩУПОВЫМ МЕТОДОМ	92
84	<b>Буруханов Д.И.</b>	РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СТАТИСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В ПРИБОРОСТРОЕНИИ	93
85	<b>Буряков М.А.</b>	ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЛИР-15	94
86	<b>Ватутин А.В.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЯ ОТ КРУГЛОСТИ НА КРУГЛОМЕРЕ	95
87	<b>Гализин И.В.</b>	АВТОМАТИЗАЦИЯ КАЛИБРОВКИ И ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН	96
88	<b>Герасименко В.А.</b>	РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПОСАДОК ГЛАДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ	97
89	<b>Гринёв Д.А.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ	98
90	<b>Збожинский Б.</b>	РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОЦЕНИВАНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ МАЛОГАБАРИТНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ	99
91	<b>Иванов С.Д.</b>	АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАНИЙ ТРУБКИ ОПТИМЕТРА	100
92	<b>Ильин А.А.</b>	РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ ОТКЛОНЕНИЙ ОТ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ ОСИ ВНУТРЕННИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОТВЕРСТИЙ	101
93	<b>Калинина В.В.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛИМАТИЧЕСКОЙ КАМЕРЫ В УСЛОВИЯХ ЦИКЛИЧЕСКОЙ РАБОТЫ	102
94	<b>Кириллов Е.А.</b>	РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИБОРНЫХ РЕДУКТОРОВ	103

95	<b>Комина Д.В.</b>	ПРОТОТИП ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СЧЕТА ПОЛОС НА ИНТЕРФЕРОМЕТРЕ КЕСТЕРСА	104
96	<b>Краснорепов М.С.</b>	РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ УРОВНЕМЕРА РАДИОВОЛНОВОГО С ЦЕЛЬЮ УТВЕРЖДЕНИЯ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	105
97	<b>Кузнецов А.А.</b>	РАЗРАБОТКА ТЕХПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ СБОРОЧНОГО УЗЛА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА	106
98	<b>Куликов Н.С.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ КОМПЕНСАЦИИ ПОГРЕШНОСТИ ЦИФРОВЫХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ	107
99	<b>Кулясова П.А.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УСИЛИЯ КОНТАКТНЫХ ПРИБОРОВ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ	108
100	<b>Логинов Р.Н.</b>	РАЗРАБОТКА СРЕДСТВА ПОВЕРКИ ВЕЛОЭРГОМЕТРОВ	109
101	<b>Малкин К.И.</b>	РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ПОКАЗАНИЙ ЦИФРОВЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ	110
102	<b>Мамилов Т.М.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ МНОГОМЕРНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ	111
103	<b>Маргынова И.А.</b>	РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХКООРДИНАТНОЙ ОПТОЭЛЕКТРОННОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО МИКРОСКОПА	112
104	<b>Махмудов Э.Р.О.</b>	ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ДЕФЕКТОВ ПОКРЫТИЙ	113
105	<b>Махров Т.А.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КРУГЛОГРАММ	114
106	<b>Медведева Д.С.</b>	РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ ВНУТРИРОТОВОГО КОМПРЕССИОННО-ДИСТРАКЦИОННОГО АППАРАТА НА ВСЕХ ЭТАПАХ ПРОИЗВОДСТВА	115
107	<b>Моисеева В.Д.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЛАЗЕРНОЙ ОПТОЭЛЕКТРОННОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ	116
108	<b>Мурашко Г.В.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИК АНАЛИЗА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ	117
109	<b>Мутлак С.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ В ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ	118
110	<b>Мухамед В.А.А.-Б.</b>	РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ПОВОРОТНОЙ ПЛАТФОРМЫ	119
111	<b>Надежкин А.В.</b>	ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИДА АППРОКСИМИРУЮЩЕЙ ФУНКЦИИ	120
112	<b>Неслуженко А.Ю.</b>	СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТАХОМЕТРИЧЕСКИХ СЧЁТЧИКОВ ВОДЫ	121
113	<b>Осипов Ф.С.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИК ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОСКОСТНОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ	122
114	<b>Остроухов И.С.</b>	РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СКАНИРУЮЩЕЙ ОПТОЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ С ПОВЕРХНОСТЯМИ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ	123
115	<b>Паштанов В.Д.</b>	РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ	124
116	<b>Прокофьева П.В.</b>	РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ КАМЕР	125
117	<b>Ремизов Д.А.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ С ПОМОЩЬЮ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ	126
118	<b>Сабуров А.М.</b>	ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ НА ОСНОВЕ ТРИАНГУЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ, ИНТЕГРИРОВАННОЙ С КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫМ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ МИКРОСКОПОМ	127
119	<b>Седельников А.И.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ НА ТОЧНОСТЬ СКАНИРОВАНИЯ В ЛСОЭС	128

120	<b>Сорокуров С.И.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПРОЦЕССОВ 3D-ПЕЧАТИ ИЗДЕЛИЙ	129
121	<b>Смирнов Н.А.</b>	РАЗРАБОТКА ТРАНСПОЙНТЕРА	130
122	<b>Соколов С.П.</b>	МИКРОСКОПИЧЕСКАЯ ОПТОЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА С ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКОЙ ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ МАЛЫХ ОТВЕРСТИЙ	131
123	<b>Сомов А.А.</b>	РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ СКАНИРОВАНИЯ ПОЛЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ КОНТАКТНОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА УВЕРСКОГО	132
124	<b>Степанов А.А.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЛОКОВ ПИТАНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ	133
125	<b>Суворова М.С.</b>	РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ИЗНОСА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА	134
126	<b>Таибов Р.Д.</b>	РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННОГО ПРОФИЛОМЕТРА	135
127	<b>Тараканов М.И.</b>	РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПО ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОБЪЕМНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ТРЁХКООРДИНАТНОГО СТАНКА	136
128	<b>Федотенко Е.Д.</b>	РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ УРОВНЯ КИСЛОРОДА ПРИ СЕЛЕКТИВНОМ ЛАЗЕРНОМ ПЛАВЛЕНИИ	137
129	<b>Фильков Н.А.</b>	РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО МИКРОСКОПА С ОПТОВОЛОКОННЫМ ЩУПОМ В ЗОНЕ ИЗМЕРЕНИЯ	138
130	<b>Хватов М.А.</b>	РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АППРОКСИМАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМНОЙ ПОГРЕШНОСТИ В РАБОЧЕМ ПРОСТРАНСТВЕ МНОГОКООРДИНАТНОЙ МАШИНЫ	139
131	<b>Хуриев Д.А.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИЗМЕРЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ НА ПРОФИЛОМЕТРЕ	140
132	<b>Цветков А.И.</b>	РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРЯМЫХ МНОГОКРАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ	141
133	<b>Чигирёв А.А.</b>	ОПТИМИЗАЦИЯ КОРРЕКЦИИ ОБЪЕМНОЙ ПОГРЕШНОСТИ МНОГОКООРДИНАТНЫХ СИСТЕМ	142
134	<b>Шипунов В.О.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИК ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ КООРДИНАТНЫМ МЕТОДОМ	143
135	<b>Эшпулатова М.А.</b>	ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР	144

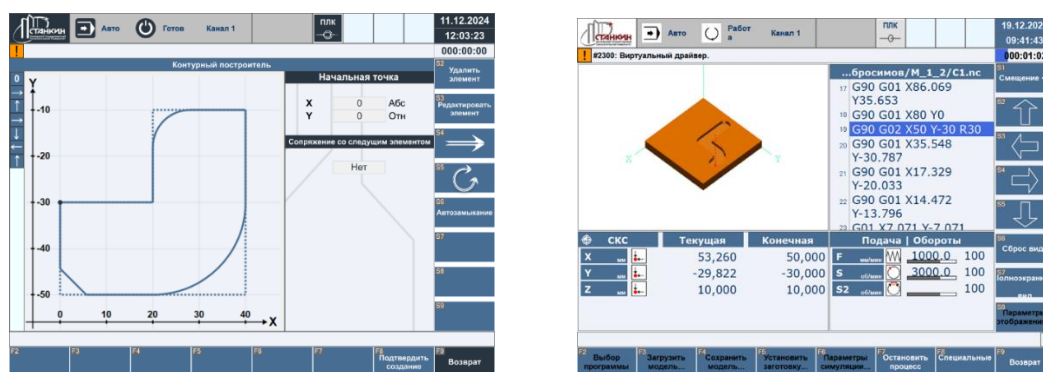
### РАЗРАБОТКА И ТЕСТИРОВАНИЕ ЦИКЛА ФРЕЗЕРОВАНИЯ КАРМАНА ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ

*Абросимов М.А.*

*Научный руководитель: Евстафиева С.В. – ст. преподаватель  
Кафедра компьютерных систем управления МГТУ СТАНКИН»*

Разработанный цикл фрезерования кармана произвольной формы позволяет упростить процесс написания УП программистом, уменьшить количество возможных ошибок и сократить время для разработки. Цикл предоставляет возможность обработки созданных контуров по траектории с коррекциями на радиус инструмента, полного или частичного (карман с островом) фрезерования кармана и выборки остаточного материала по заданным параметрам.

В процессе тестирования, было создано несколько контуров сложной формы и сгенерированы управляющие программы для их обработки. Первичная проверка начального смещения определяла допустимость старта фрезерования, а также сохраняла зоны, которые необходимо будет дообработать инструментом меньшего радиуса. На каждой итерации смещения проверялось возможное пересечение с ближайшими границами контура и в случае необходимости производилась коррекция или игнорирование текущего перемещения.



**Рис. 1. Экраны создания контура и тестирования цикла фрезерования**

Также в ходе смещения траектории разбивались на зоны, для оптимизации перемещения инструмента. В конце каждой итерации происходила финальная проверка на полное перекрытие всего кармана и в случае успеха генерировалась управляющая программа и дополнительный файл с участками контура, которые можно дообработать другим инструментом.

#### **Библиографический список:**

1. Система ЧПУ «АксиОМА Контрол» Расширенное программирование (Версия 1.0.03), июль 2018.
2. Сосонкин В.Л. Программирование систем числового программного управления: учеб. пособие / В.Л. Сосонкин, Г.М. Мартинов – М.: Логос, 2008. – 344 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СЛЕЖЕНИЯ ЗА СТЫКОМ СВАРИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКЕ

*Агабеков А.С.*

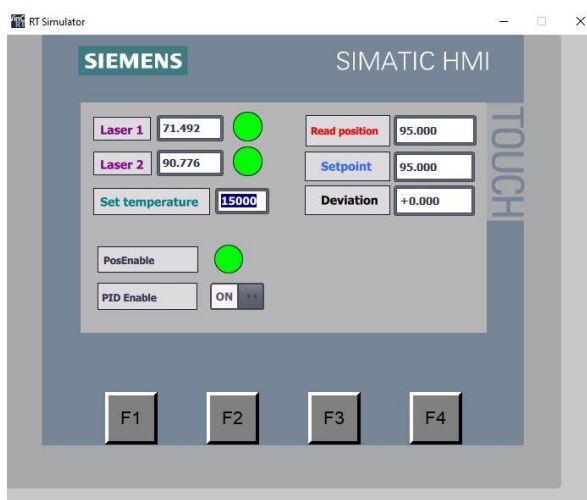
*Научный руководитель: Коваленко А.В. – к.т.н., доцент*

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

Электронно-лучевая сварка является одним из наиболее точных методов соединения материалов, обеспечивая высокое качество шва и минимизацию термического влияния. Для достижения стабильных и надежных результатов необходима система автоматизированного слежения за стыком свариваемых деталей.

В данной работе представлена разработка системы контроля стыка при электронно-лучевой сварке с использованием программируемого логического контроллера (ПЛК) Siemens Simatic S7-1500. Основные функции системы включают:

- Анализ положения деталей с помощью лазерных датчиков;
- Контроль температуры в зоне сварки;
- Коррекцию положения деталей с применением PID-регулирования;
- Взаимодействие с НМІ для мониторинга и управления процессом.



**Рис. 1. Разработанная система слежения за стыком**

Разработанный алгоритм слежения за стыком деталей при электронно-лучевой сварке, позволяет на основании информации от лазерных датчиков автоматически корректировать траекторию движения свариваемых деталей для удержания их стыка на оси электронного луча при помощи PID-регулятора.

### **Библиографический список:**

1. Программирование ПЛК Siemens S7-1200: методические указания / С. А. Морозов, И. А. Кузнецов. – М.: Информатика, 2018. – 116 с.
2. Павлов А.А., Карпов С.Ю. Автоматизация процессов сварки: от проектирования до реализации. – С-Пб.: Наука, 2018.

## МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ КРОССПЛАТФОРМЕННОГО ИНТЕРФЕЙСА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ЧПУ

*Акберов А.Р.*

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

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

С развитием автоматизации в различных сферах производства растет потребность в программных решениях для эффективного управления процессами. В этой связи НМІ-интерфейсы становятся важными инструментами. Разработка специализированного кроссплатформенного интерфейса для систем числового программного управления (ЧПУ) представляет собой сложный процесс, требующий учета уникальных особенностей промышленного оборудования. Основной целью методики, предложенной в данной работе, является создание НМІ (Human-Machine Interface), способного эффективно работать на различных операционных системах (Windows, Linux, macOS), при этом сохраняя все функциональные возможности и минимизируя затраты на адаптацию.

Изучение технического задания является важной частью разработки. На этом этапе формируются требования и осуществляется предварительный выбор технологии разработки. В рамках текущего технического задания были определены требования к кроссплатформенности разрабатываемого приложения, а также требования к реализации нетипичных дополнительных устройств, таких как лазеры и газовые затворы. Также было проведено изучение принципа их работы и определены параметры, которые необходимо отображать. Важной частью является также определение функциональных требований к разрабатываемому решению.

После выбора технологии разработки начинается проектирование архитектуры приложения. Важно правильно декомпозировать интерфейс на компоненты, поскольку без этого значительно ухудшится поддержка кода и его читаемость. Помимо декомпозиции, необходимо выделить классы и библиотеки, которые будут использоваться, а также выстроить связи между ними. Учитывая, что некоторые устройства являются уникальными для данной системы, нужно продумать логику их работы.

Разработка визуального стиля интерфейса должна учитывать удобство пользователя, а также обеспечивать быстрый доступ к каждой функции системы. На основе этих принципов были разработаны макеты для системы ЧПУ.

На этапе тестирования выявляются основные ошибки, после чего вносятся необходимые исправления. После внесения правок проводится дополнительное тестирование. Если ошибок не обнаружено, готовый продукт передается в эксплуатацию.

### ***Библиографический список:***

1. Гаурав Арора, Джеффри Чилберто. Паттерны проектирования для C# и платформы .NET Core.
2. Дженифер Тидвелл, Чарли Брюэр, Эйнн Валенсия Разработка интерфейсов. Паттерны проектирования [Текст] / Дженифер Тидвелл, Чарли Брюэр, Эйнн Валенсия – 3-е издание. – Санкт-Петербург, Москва, Минск: ООО «Прогресс книга», 2024.
3. Особенности платформы WPF / [Электронный ресурс] // Metanit.com: [сайт]. – URL: <https://metanit.com/sharp/wpf/1.php>.
4. ReactiveUI. Продвинутая, составная, функциональная реактивная Model-View-ViewModel framework для всех. [электронный ресурс]: <https://www.reactiveui.net/>. Реактивное программирование - <https://www.reactiveui.net/docs/reactive-programming/>.

## ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СКЛАДОМ СОВРЕМЕННОГО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*Алферов М.Д.*

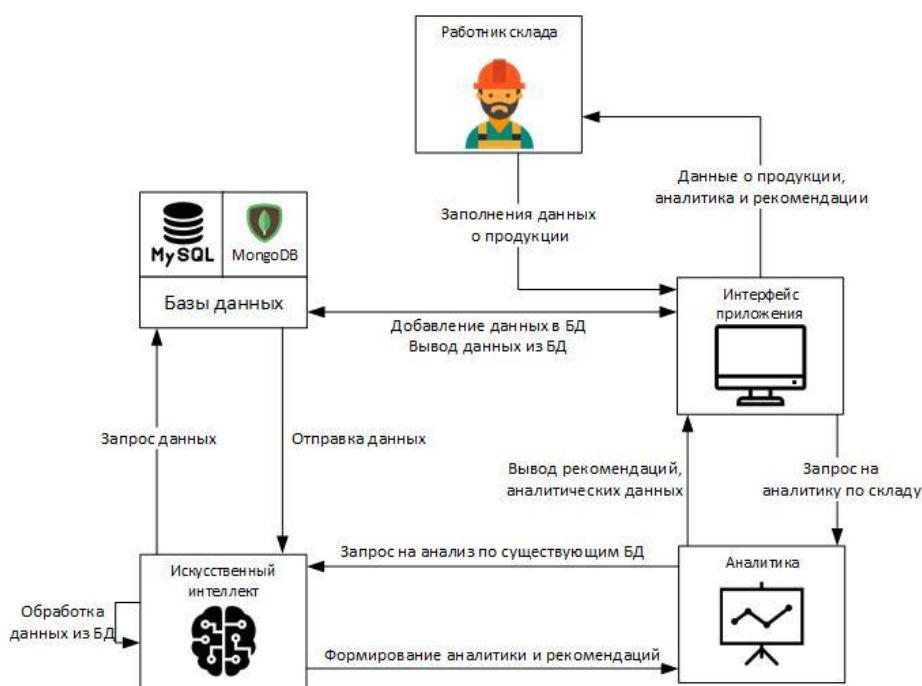
*Научный руководитель: Мартемьянова Н.С. – ст. преподаватель  
Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

В статье рассматривается актуальный вопрос, связанный с подходом в построении автоматизированной системы управления складом в рамках структуры производственной логистики.

Актуальность темы исследования обусловлена растущей необходимостью эффективного управления складскими операциями в современных производственных и логистических процессах.

Для создания системы управления складом надо учитывать следующие критерии: масштабируемость, локальную адаптацию, простоту и стоимость внедрения, интеграцию технологий и оборудования, отчетность и аналитику. Аналитика складских систем повышает эффективность работы всей организации, в связи с чем принято решение разработать приложение с нейросетевой моделью, которая обеспечит эффективный, простой и малозатратный способ анализировать данные и получать рекомендательные предложения по работе склада.

Простой интерфейс разрабатываемой системы и внедрение интеллектуального анализа сделают систему доступной для пользователей любого уровня подготовки, а также обеспечит высокую точность прогнозов и снижение затрат предприятия. На рис. 1 представлена структурная схема взаимодействия основных компонентов разрабатываемой системы.



**Рис. 1. Структурная схема работы с приложением**

### **Библиографический список:**

1. Власов К.Ю. WMS (Система управления складом) // Скиф. Вопросы студенческой науки. – 2019. – №12. – С. 402–406.
2. Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 400 с.

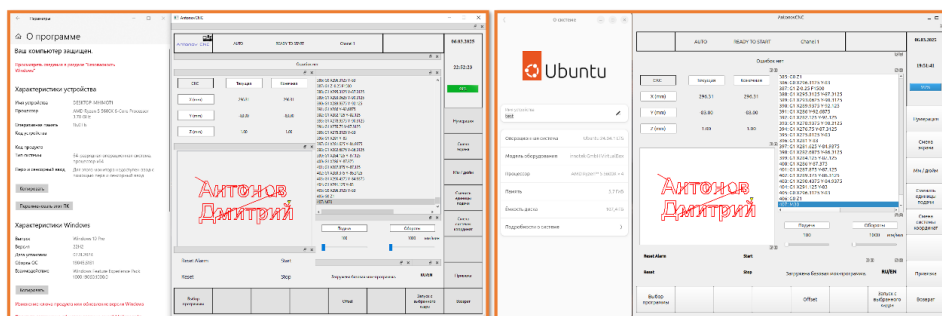
## ПОСТРОЕНИЕ КРОССПЛАТФОРМЕННОГО ИНТЕРФЕЙСА СЧПУ «АКСИОМА КОНТРОЛ» НА ОСНОВЕ БИБЛИОТЕК QT

*Антонов Д.А.*

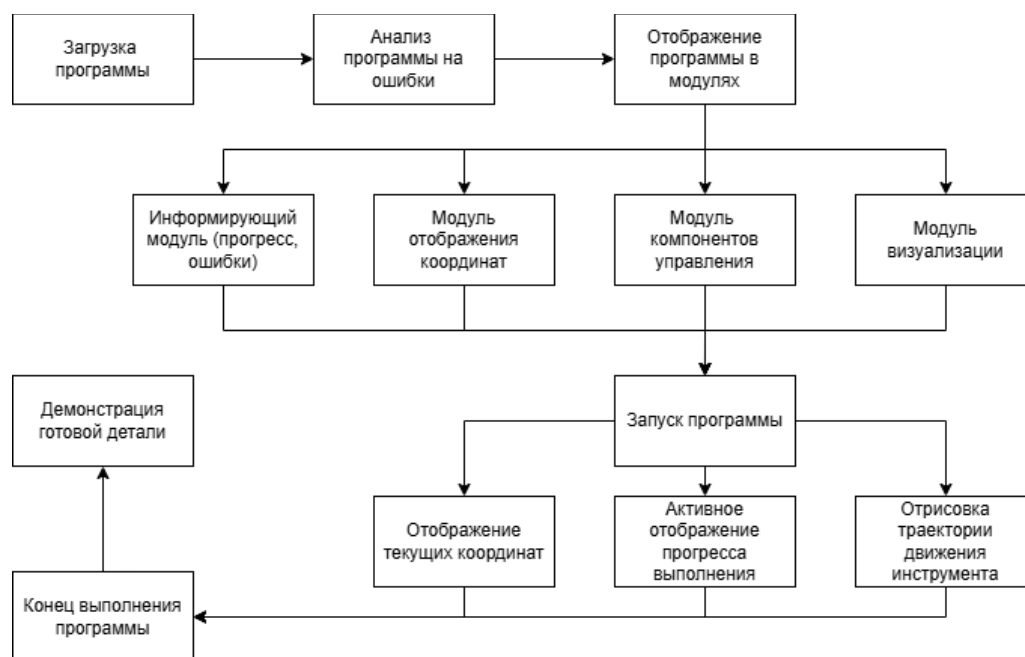
*Научный руководитель: Пушков Р.Л. – к.т.н., доцент*

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

Разработка простого пользовательского интерфейса оператора для контроля и управления производственным оборудованием играет ключевую роль в управлении производством. Удобный и интуитивно понятный интерфейс позволяет операторам быстро и эффективно управлять оборудованием, что способствует повышению производительности и качества продукции.



**Рис. 1. Тестирование разработанного интерфейса на платформах Windows и Linux**



**Рис. 2. Схема отображения технологических параметров с визуальной индикацией**

### *Библиографический список:*

1. Вержаковская М.А., Аронов В.Ю., Слепнев А.А. Разработка постпроцессора для оптимизации работы на станках с числовым программным управлением // Научные технологии в космических исследованиях Земли. – 2019. – Т. 11. – № 2. – С. 40–50.
2. Янюшкин А.С., Сафонов С.О., Торопов В.А. Совершенствование технологических процессов машиностроительных производств: монография / под общ. ред. А.С. Янюшкина. – Братск: Братский гос. ун-т, 2006. – 302 с.

## АКТУАЛЬНОСТЬ И АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ 3D ПРИНТЕРОМ

*Аравин А.Д.*

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

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

В данной работе предлагается провести исследование, направленное на разработку и внедрение системы управления 3D принтером. Главной задачей исследования является проектирование новой комплексной системы управления, учитывающей основные требования пользователей и имеющей ряд функциональных преимуществ в сравнении с существующими аналогами.

Актуальность данного исследования заключается в том, что использование подобной системы управления 3D принтером упрощает контроль печати, минимизирует участие человека и снижает риск ошибок, а также позволяет точно настраивать параметры печати (скорость, температура, расход материала), экономя время и сырье.

Целью исследования является контроль и регулирование процесса печати за счет внедрения инновационных технологий автоматизации. Для этого необходимо проанализировать существующие аналоги, оценить их достоинства и недостатки и сформулировать основные требования к проектируемой системе управления. Для сравнительного анализа были выбраны такие популярные системы управления как OctoPrint, MatterControl и 3DPrinterOS. Результаты анализа были сведены в Таблицу 1.

Таблица 1.

*Сравнительный анализ существующих систем управления*

Наименование системы управления	Поддержка различных моделей принтеров	Возможности управляющего воздействия
OctoPrint	Поддержка ограниченного числа принтеров	Не позволяет регулировать такие важные параметры как температуру области печати и непосредственно геометрического положения головки экструдера
MatterControl	Поддержка ограниченного числа принтеров	В режиме реального времени возможно регулировать лишь скорость печати
3DPrinterOS	Возможность работы с широким набором моделей 3D-принтеров разных производителей	Широкий спектр возможностей по контролю и управлению процессом печати. Высокая сложность освоения программы

Исходя из сравнения существующих систем управления 3D принтером можно сформулировать основные требования к системе:

- Возможность работы с широким набором моделей 3D-принтеров разных производителей.
- Способность мониторинга процесса печати в реальном времени, а также возможность вносить корректировки в ход работы принтера без прерывания процесса печати.

### ***Библиографический список:***

1. OctoPrint Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://octoprint.org/>, свободный (26.03.2025)
2. Рэдвуд Б., Шофер Ф., Гаррэт Б. 3D-печать. Практическое руководство / пер. с англ. М.А. Райтмана. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 220 с.: ил.

## ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ОТЕЧЕСТВЕННУЮ SCADA-СИСТЕМУ

**Астафьев В.О.**

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

На современном предприятии вопрос цифровизации производства занимает очень важное место, ведь он позволяет в реальном времени следить за исполнением технологического процесса. Модернизация старого оборудования для настройки сбора данных на нем - является основой данной работы. В начале работы были проведены анализ систем мониторинга и управления оборудованием, а также разработаны структурные схемы модернизированного оборудования.

В процессе исследования данной области, был проведен анализ различных SCADA систем, которые распространены на отечественном рынке программного обеспечения. Был выявлен ряд преимуществ в каждой из систем мониторинга, которые позволят беспрепятственно взаимодействовать, как с контроллерами, так и с базами данных отечественного производства.

По итогу проделанной работы была выбрана система Каскад Цифра, как удовлетворяющая всем потребностям поставленной задачи. Она поддерживает множество необходимых протоколов связи и баз данных, что позволит без каких-либо инфраструктурных ограничений взаимодействовать с нужным оборудованием.

Таблица 1.

*Сравнительная таблица анализа SCADA систем*

Параметры	Каскад Цифра	Trace Mode	MasterSCADA	ОВЕН Телемеханика ЛАЙТ
Поддерживаемая операционная система	Windows, Linux	Windows, Linux	Windows	Windows
Язык программирования	VBA, JS, C	ST, FBD, IL, LD, SFC	C#	C
Штатная поддержка WEB-приложения	Да	Да	Да	Нет
Метод коммуникации с другими приложениями	OPC UA, OLE DB	OPC UA, OLE DB	OPC UA, ActiveX	OPC UA

Также были разработаны алгоритмы по модернизации производственного оборудования, которые детально покажут все этапы этого процесса.

### **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](https://help.sdigital.ru/articles/#!/kaskad_help/gettingstarted-01) (Дата обращения 05.03.2025).

## АВТОМАТИЗАЦИЯ АНАЛИЗА СЕЗОННОСТИ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНА

**Бернев В.В.**

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

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

Маркетплейсы сегодня – это мощный двигатель торговли, формирующий спрос на производственные мощности. Однако с ростом популярности онлайн-продаж возникает сложность в синхронизации запросов продавцов и реальных возможностей производителей. Чтобы закрыть этот пробел, начал разрабатываться Telegram-бот, который автоматизирует взаимодействие между сторонами, делая процесс планирования заказов прозрачным и эффективным.

Внедрение автоматизированной системы управления производственными мощностями осуществляется посредством подключения специализированного программного решения в виде интеллектуального бота. Первоначально производитель интегрирует данного бота в свою информационную систему, получает доступ к шаблону в формате Excel и вносит в него детализированные данные о своих станках, включая их общее количество, величину суточной производственной мощности, режим работы, а также контактные сведения ответственных лиц.

После загрузки и верификации введенных сведений бот начинает их учитывать при формировании и перераспределении заказов. Когда продавец инициирует запрос, указывая наименование требуемой продукции и объем поставки, интеллектуальная система приступает к анализу доступных производственных мощностей, оценивая потенциальные варианты исполнения заказа. В процессе расчетов учитываются такие параметры, как минимально допустимый объем партии и возможность комбинированного производства у различных поставщиков. Например, если заказ предусматривает выпуск 130 000 единиц продукции, алгоритм может предложить разбить его на несколько частей, предоставив 90 000 единиц от одного поставщика, а оставшиеся 40 000 от другого. При этом система автоматически исключает из возможных исполнителей те предприятия, условия производства которых не соответствуют заявленным требованиям.

После подтверждения заказа бот инициирует обновление данных о доступных производственных мощностях. В случае, если конкретный станок достигает предела загрузки, он временно исключается из перечня доступных ресурсов до момента освобождения. Дополнительно система обладает функцией регулярного мониторинга данных: через заданные временные интервалы (например, раз в несколько дней) она автоматически направляет уведомления производителям с рекомендацией провести проверку и актуализацию сведений.

Таким образом, внедрение интеллектуального бота способствует повышению операционной эффективности: производители получают возможность равномерно распределять нагрузку на свои мощности, а продавцы – оперативно находить надежных исполнителей для своих заказов.

### **Библиографический список:**

1. "Маркетплейс" завершила автоматизацию комплекса бизнес-процессов // [Электронный ресурс] URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Проект:Маркетплейс\\_%28БИТ.ФИНАНС\\_для\\_1С:Управление\\_торговлей\\_8%29](https://www.tadviser.ru/index.php/Проект:Маркетплейс_%28БИТ.ФИНАНС_для_1С:Управление_торговлей_8%29).

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ПОЛОЖЕНИЯ КОНТЕЙНЕРА УСТАНОВКИ ВИБРОУДАРНОЙ ОБРАБОТКИ ТИПА ВУД

*Бирюков В.С.*

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

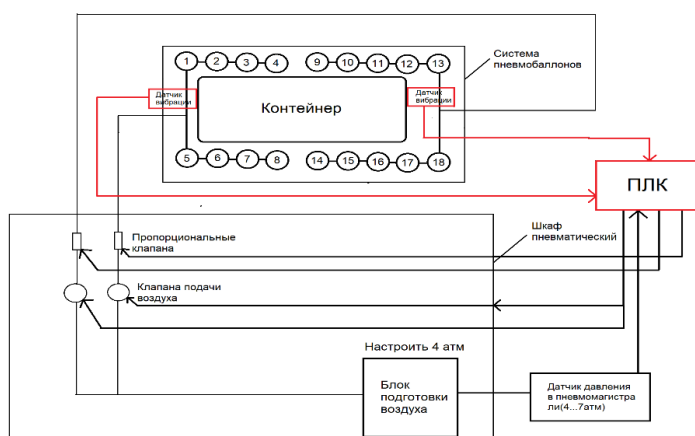
*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

Установка для вибрационного ударного упрочнения деталей модели ВУД-2500 предназначена для применения в составе технологического оборудования, реализующего комплексный технологический процесс изготовления деталей на промышленных предприятиях.

Цель моей работы заключается в разработке системы, которая будет стабилизировать положение контейнера при виброударной обработке, так как при обработке положение контейнера из-за колебаний может меняться.

Положение контейнера будет отслеживаться во время загрузки рабочими телами, а также и во время обработки. С помощью сигналов с ПЛК, то есть с датчиков, которые расположены на противоположных концах контейнера, будет отслеживаться его положение.

Во время обработки рабочих тел, при изменении положения контейнера в случае неравномерной нагрузки, стабилизация будет производиться в движении так как в процессе стабилизации рабочие тела будут перераспределяться и в конечном итоге распределятся по контейнеру равномерно. Была модернизирована схема станции пневматической, которая представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Схема станции пневматической**

На основе анализа, была разработана блок-схема алгоритма стабилизации положения контейнера на виброударной обработке типа ВУД и с учётом этого был сделан выбор программных средств для реализации данного алгоритма.

В качестве реализации данного алгоритма была разработана программа с помощью среды разработки CODESYSE на языке программирования LD. Благодаря возможностям данной среды разработки была продемонстрирована работоспособность системы стабилизации.

### **Библиографический список:**

1. Руководство по эксплуатации ВУД25К1.000.00.00.000 РЭ. – 20 с.
2. Бабичев А.П., Бабичев И.А. Основы вибрационной технологии. – Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ, 1998. – 624с.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВВОДА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ В БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Бойко А.**

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

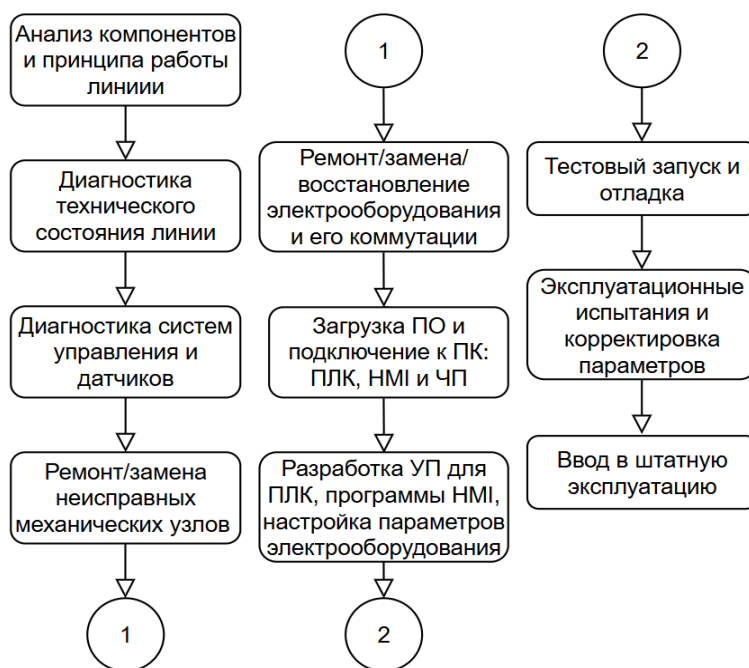
*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

Современные технологические линии намотки бумаги представляют собой сложные системы, обеспечивающие высокую точность и скорость производства санитарно-гигиенической продукции. Введение санкций усложнило запуск таких линий, так как зарубежные поставщики зачастую отказываются от проведения шеф-монтажных и пусконаладочных работ.

Цель работы – разработать рекомендации и алгоритм ввода в эксплуатацию технологических линий в условиях отсутствия технической документации и программного обеспечения.

Задачей работы является минимизировать время запуска новых линий в условиях ограниченного доступа к внешней технической поддержке, снижая экономические и производственные риски предприятия.

Ниже представлен алгоритм поэтапного ввода линии в эксплуатацию, включающий анализ компонентов, диагностику систем управления, разработку УП и т.д.



**Рис. 1. Алгоритм ввода в эксплуатацию технологических линий в бумажной промышленности**

### **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.

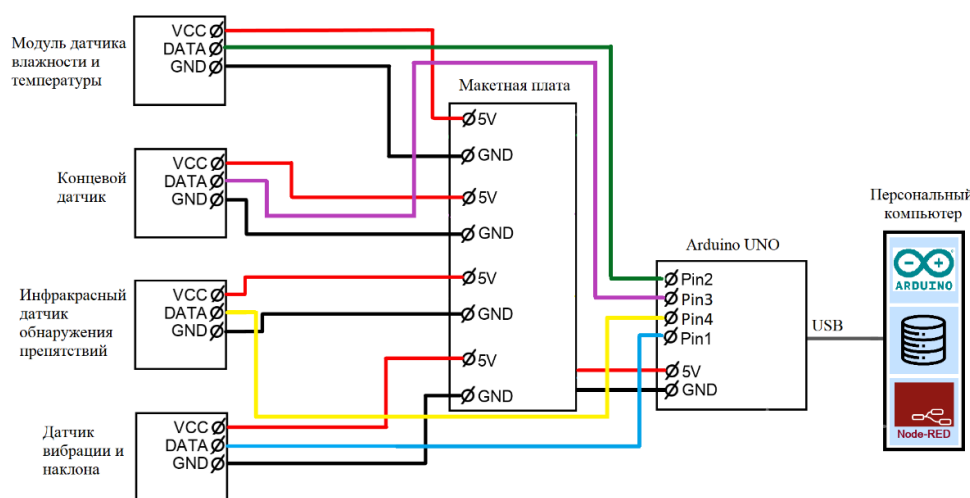
## ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО КУРСУ «АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ»

*Гомонок М.С.*

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

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

В условиях стремительного развития технологий в сфере автоматизации студенты нередко сталкиваются с рядом проблем, которые могут затруднить их обучение и профессиональную подготовку. Одним из ключевых аспектов является недостаток практического опыта. Данная работа позволит студентам не только освоить теоретические основы, но и послужит формированию практических навыков, необходимых для работы в промышленности, энергетике, робототехнике и других сферах, даст навыки работы в нескольких программных пакетах.



**Рис. 1. Функциональная схема лабораторной установки**

Схема состоит из платы Arduino UNO, макетной платы, датчика вибрации и наклона, инфракрасного датчика обнаружения препятствий, модуля датчика температуры и влажности, концевой датчик, пользовательского компьютера с установленным на него программным обеспечением: СУБД MySQL, Node-Red и Arduino IDE. Макетная плата служит для подачи питания к датчикам и заземления, а вывод данных происходит через Arduino UNO, после чего они передаются на компьютер через USB-кабель для дальнейшей обработки.

Данная работа позволит студентам подробно и широко изучить важные инструменты мониторинга, поможет сформировать важные практические навыки, подготовит учащихся к работе с реальным оборудованием и современными технологиями, а также разовьет проектный подход к решению задач в сфере автоматизации.

### ***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. Датчики. Перспективные направления развития / А.Ф. Алейников, В.А.Гридин, М.П. Цапенко. – Нижн. Новгород: Изд-во НГТУ, 2001.

## МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО РАЗРАБОТКЕ УП ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ФРЕЗЕРНОГО ТИПА С ПОМОЩЬЮ САМ-СИСТЕМ

**Графов Н.Н.**

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

**Кафедра компьютерные системы управления МГТУ «СТАНКИН»**

Обучение студентов написанию УП для 3-х, 4-х, 5-ти координатных станков фрезерного типа сопряжено со сложностями: выбор и задание нулевых точек, режущего инструмента, заготовки, понимание кинематики станка, контроль зарезов и чистоты поверхности.

В данной работе рассматривается методика разработки комплекса лабораторных работ по разработке управляющих программ для деталей фрезерного типа для обработки 3-х, 4-х, 5-ти координатной обработкой с помощью САМ-системы NX. Необходимо не только показать обучающемуся, как сделать то или иное действие в программе, но и на выходе получить от студента понимание проделанной работы.

Методика обучения разработки УП для деталей фрезерного типа с помощью САМ-систем заключается в том, чтобы объяснить студенту для чего он делает тот или иной процесс. Так на первом шаге от студента требуется проанализировать 3D-модель, это нужно, чтобы обучающийся уже продумывал технологию обработки детали. На втором этапе требуется определить заготовку, крепление и сам станок, чтобы было понимание ограничений при различных стратегиях обработки. На третьем шаге необходимо выбирать операции обработки, режущий инструмент и т. д., это нужно не только для получения готовой детали, но и добиться понимания от студента, как и чем можно обрабатывать различные поверхности, какой съем допустим, как подобрать режимы резания, для чего нужны припуски и т. д. На следующем этапе производится тестирование УП, здесь требуется от обучающегося проконтролировать свою проделанную работу, т. е. проверить всё ли обрабатывается как задумано. Соответственно, если требуется корректировка на каком-то этапе, то студенту необходимо вернуться к этому шагу и внести требуемые изменения.



**Рис. 1. Методика выполнения лабораторной работы**

В ходе выполнения студентами тестовых заданий было выявлено слабое понимание при подборе режимов резания. Для исправления этого необходимо добавить каталог инструментов от разных производителей, где содержатся рекомендуемые параметры резания. Также необходимо донести до студентов важность данного критерия, так как он влияет на износ инструмента, износ компонентов станка, и время обработки на станке.

### **Библиографический список:**

1. Ведмидь П.А. Основы NX САМ. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 216 с.

## РАЗРАБОТКА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ И ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОТОКОЛА MODBUS

*Дубровский А.А.*

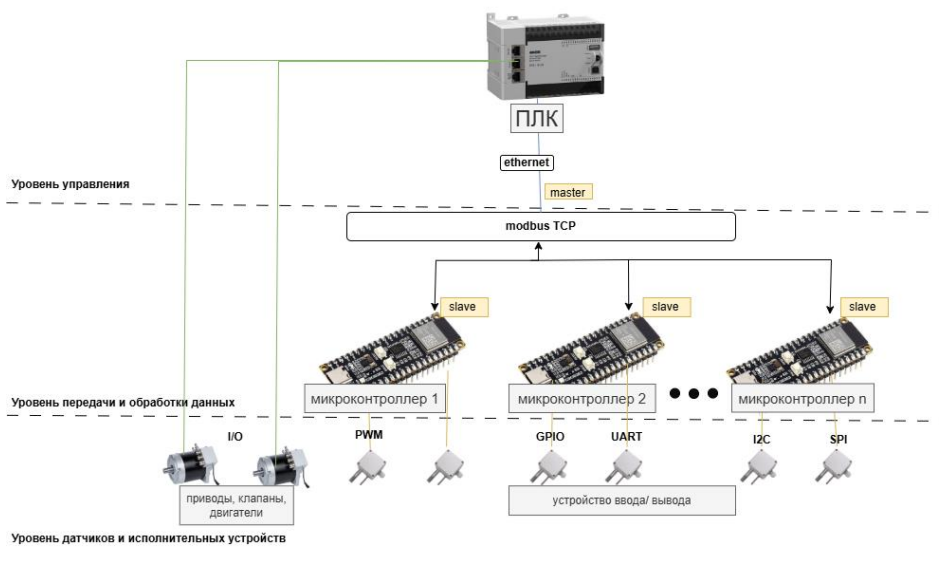
*Научный руководитель: Аль Хури А. – ст. преподаватель*

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

Задача интеграции устройств и датчиков различных производителей в единую систему управления, позволяющую эффективно контролировать технологические процессы является актуальной в современных условиях автоматизации.

Разработка распределенной системы логического управления на основе программируемого логического контроллера (ПЛК) и микроконтроллеров, использующих промышленный протокол Modbus TCP, позволяет существенно расширить возможности стандартного ПЛК. Благодаря такой системе появляется возможность подключения дополнительных устройств и датчиков, не совместимых напрямую с ПЛК, что делает систему более универсальной и адаптивной. Микроконтроллеры выполняют функцию промежуточной обработки данных, обеспечивая возможность снятия и передачи показаний с самых разнообразных датчиков.

Преимуществами предлагаемой системы являются ее высокая экономичность за счет снижения затрат на специализированное оборудование, возможность оперативного дополнения новыми устройствами и датчиками, а также простота масштабирования и модернизации системы.



**Рис. 1. Модель распределенной системы логического управления**

### *Библиографический список:*

1. Сбродов Н.Б., Карпов Е.К. Программируемые контроллеры и микроконтроллеры в системах автоматизации. – М.: Инфра-М, 2019. – 110 с.
2. Martinov G.M., Kozak N.V., Nezhmetdinov R.A., “Implementation of Control for Peripheral Machine Equipment Based on the External Soft PLC Integrated with CNC,” in 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), pp. 1-4, 2017.

## 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 обеспечивают 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.

Созданная программа тестируется в среде разработки CODESYS, после чего ее можно загружать в ПЛК отечественного производства от фирмы OWEN 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.: ФГБОУ 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 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. Они позволяют хранить и обрабатывать большие объемы данных, что является ключевым фактором для успешного функционирования различных отраслей. Для работы с большими объемами данных все чаще используют нереляционные СУБД. Отсюда вытекает потребность обучения студентов работе с нереляционными базами данных. Сейчас наибольшую популярность набирают онлайн курсы, поэтому обучение будет создаваться для онлайн-системы.

Целью работы является анализ платформ для онлайн обучения, существующих программ обучения работе с нереляционными базами данных, а также разработка собственной системы обучения. С помощью такой системы обучения студенты смогут в интересном формате получать теоретические знания и сразу закреплять их на практике с помощью тестовых заданий после каждого блока. Для разработки своей системы необходимо провести исследование существующих программ обучения.

Таблица 1.

*Сравнение онлайн курсов, направленных на изучение NoSQL*

Яндекс Практикум	Stepik	Skillbox	Нетология
Для изучения NoSQL нет отдельного курса, с этим языком можно ознакомиться только в рамках программ для обучения разработчиков и инженеров данных.	Есть курс, который предназначен для тех, кто хочет изучить основы NoSQL и научиться работать с нереляционными БД. Он охватывает основные понятия и принципы работы с NoSQL.	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.	Есть курс по аналитике, который предоставляет знания о Cassandra. Он охватывает принципы работы с Cassandra, включая настройку кластера, выполнение запросов и обеспечение отказоустойчивости.
Платно	Платно	Платно	Платно
Интерактивный формат в виде тестов на каждом этапе обучения любого курса.	Интерактивный формат проявляется в автоматической проверке заданий.	Интерактивный формат есть на всех курсах.	Интерактивный формат заключается в виртуальной доске.

### **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. NoSQL. Методология разработки нереляционных баз данных: Садаладж, Фаулер. 2020 г.

## РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СБОРА ДАННЫХ С СИСТЕМ ЧПУ И ПЕРЕДАЧИ ИХ В ОБЛАЧНОЕ ХРАНИЛИЩЕ

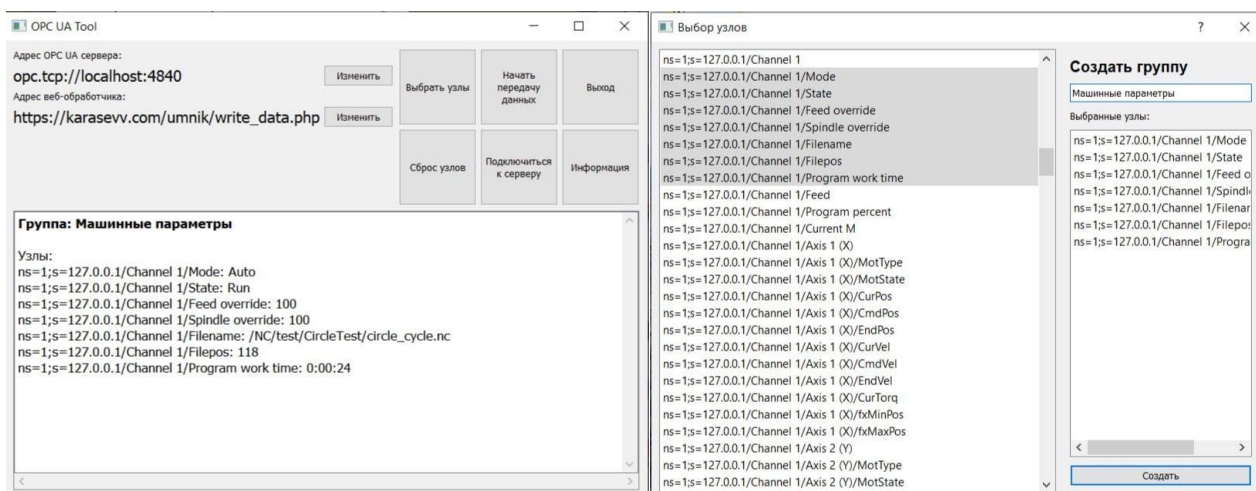
*Карасев С.И.*

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

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

Данная работа посвящена разработке приложения - сборщика данных с систем ЧПУ посредством OPC UA протокола, с дальнейшей передачей данных в облачное хранилище. Разрабатываемое приложение поможет операторам с мониторингом технологических данных.

Основная задача при реализации приложения связана с программной реализацией способа подключения к системе ЧПУ. В качестве основного способа взаимодействия с системами ЧПУ был выбран протокол OPC UA, поскольку он является наиболее перспективным и универсальным в области промышленного интернета вещей. В качестве языка программирования был выбран Python, так как он является удобным для разработки, а также обладает большим количеством поддерживаемых библиотек. Для работы с OPC UA была выбрана библиотека orsua, потому что она открыта и реализует весь необходимый функционал.



**Рис. 1. Интерфейс приложения**

Пользователь, запускает приложение (рис. 1), вводит адреса OPC UA сервера и веб-обработчика, который будет принимать и сохранять данные. После ввода адреса OPC UA сервера и подключения, пользователь может выбрать узлы, и объединить их в группы, после чего, они будут отображаться на главном экране. На главном экране есть кнопка для сброса узлов. Передача данных на сервер осуществляется после нажатия соответствующей кнопки. Из текущей информации по узлам формируется JSON, который затем посредством POST запроса отправляется на сервер посредством HTTP. На сервере обработчик принимает запрос, записывает принятый JSON в текстовый файл. Также в рамках улучшения системы, возможен вариант добавления записи полученных данных в реляционную БД.

### **Библиографический список:**

1. Чумак Р.Р., Ковалев И.А. Разработка кроссплатформенного приложения мониторинга АСУ ТП // Машиностроение: традиции и инновации (МТИ – 2021), 2021.

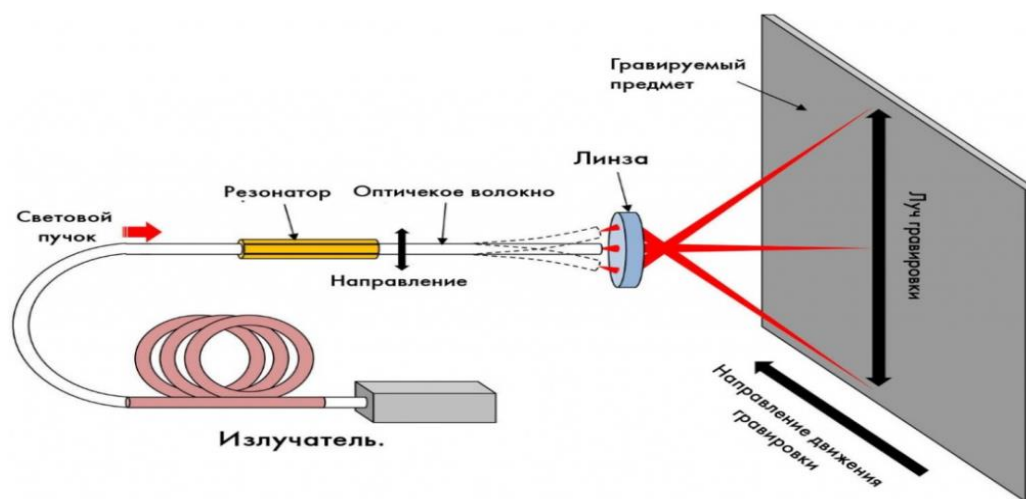
## ИНТЕРАКТИВНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЛАЗЕРНОЙ ГРАВИРОВКИ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ПРЕДПРОСМОТРА НАСТРОЙКИ ПАРАМЕТРОВ

*Касеев Б.М.*

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

В современном мире лазерная гравировка находит широкое применение в различных отраслях промышленности, от маркировки продукции до создания уникальных декоративных элементов. Ключевым фактором эффективного использования лазерной гравировки является точная настройка параметров, таких как мощность лазера, скорость перемещения головки и частота импульсов.

Разработка интерактивной системы визуализации лазерной гравировки с возможностью предпросмотра настройки параметров позволит значительно упростить процесс подготовки и снизить количество ошибок, связанных с неверной настройкой. Предлагаемая система предоставит пользователю возможность в реальном времени видеть, как изменение параметров гравировки повлияет на конечный результат.



**Рис. 1. Принцип работы лазерного гравировального станка**

В волоконном гравере луч создаётся поток активации кварца, легированного редкоземельным покрытием, путём накачки, поступающей от диодных ламп. После чего в волоконном кабеле начинается генерация лазерных частиц, часть из которых выходит наружу с одной из сторон. Лазерный поток попадает на фокусирующую линзу, которая сужает его до требуемых параметров. Из-за малого диаметра концентрация температуры и мощности излучения в точке реза очень высока, поэтому луч за доли секунды выжигает поверхностный слой материала на заданную глубину, воссоздавая требуемое изображение.

### **Библиографический список:**

1. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технические процессы лазерной обработки, 2006.
2. 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.

## МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНЦИДЕНТАМИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

*Кобец К.Е.*

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

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

В ходе работы была разработана комплексная методика, позволяющую эффективно выявлять, классифицировать и предотвращать инциденты в условиях промышленной автоматизации с учётом специфики технологических процессов и оборудования. Единый подход к сбору данных, их классификации и удобные средства мониторинга обеспечивают надёжность и повышение эффективности производства.

Таблица 1.

*Основные этапы автоматизированной системы управления инцидентами*

<b>Этап</b>	<b>Основные действия</b>	<b>Результаты/Выводы</b>
<b>1. Анализ транзакционных данных</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Сбор логов и показателей (SCADA, MES, ERP)</li> <li>• Очистка и фильтрация шумов</li> <li>• Выявление ключевых параметров</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Определены параметры (температура, давление, загрузка оборудования и др.), влияющие на сбои</li> <li>• Подготовлена основа для алгоритмов анализа</li> </ul>
<b>2. Разработка классификации инцидентов</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Формирование категорий (технические/процессные/организационные)</li> <li>• Создание критериев эскалации и приоритизации</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Исключены дублирующие/«ложные» вызовы</li> <li>• Повышена скорость реагирования и точность классификации</li> </ul>
<b>3. Проектирование системы</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Определение модулей: сбор данных, ядро анализа, интерфейс</li> <li>• Выбор методов (машинное обучение, анализ временных рядов)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Создана трёхуровневая архитектура (данные – анализ – интерфейс)</li> <li>• Алгоритмы способны выявлять аномалии в режиме реального времени</li> </ul>
<b>4. Пилотное внедрение на участке</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интеграция с реальным оборудованием</li> <li>• Сбор и сравнение показателей «до» и «после»</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Сокращено число незапланированных простоев на 25–30%</li> <li>• Уменьшено среднее время реагирования на сбои</li> </ul>
<b>5. Оценка и масштабирование</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Анализ отзывов операторов</li> <li>• Подготовка рекомендаций для других участков/линий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Выработаны предложения по интеграции с IoT-платформами</li> <li>• Обоснована экономическая эффективность</li> </ul>

### *Библиографический список:*

1. Поперечков, А. Новые подходы к развитию ИТ-сервисов в «Газпром нефти» // Альманах itSMF. – 2018. – № 4. – С. 36.
2. Atlassian. Общая информация об Incident Management (управление инцидентами) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.atlassian.com/ru/incident-management> (дата обращения: 17.02.2025).

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СБОРА ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ СЧПУ «АКСИОМА КОНТРОЛ»**

*Кожевников Д.А.*

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

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

В условиях цифровой трансформации промышленного производства возрастает потребность в системах мониторинга и анализа технологических процессов. Современные системы числового программного управления (СЧПУ) генерируют большой объем телеметрических данных, включающих параметры работы оборудования, нагрузки, скорости перемещения и другие технологические характеристики. Автоматизированный сбор, обработка и анализ этих данных позволяют повысить эффективность производственных процессов, снизить затраты на обслуживание и прогнозировать возможные сбои оборудования.

В данной работе проведено исследование существующих решений в области сбора телеметрических данных с СЧПУ и выявлены их ограничения. В результате разработана система сбора и анализа данных с СЧПУ «АксиОМА Контрол», оснащенного встроенным OPC UA сервером. Архитектура системы включает несколько ключевых компонентов:

1. Модуль сбора данных, обеспечивающий подключение к OPC UA серверу, считывание технологических параметров и их первичную обработку.
2. Базу данных временных рядов (InfluxDB), используемую для эффективного хранения и организации данных, обеспечивающую быструю запись и извлечение информации.
3. Средства визуализации (Grafana), позволяющие анализировать данные в реальном времени, отображать графики, выявлять аномалии и оценивать поведение системы.
4. Модуль прогнозирования на основе LSTM, использующий нейросетевые алгоритмы для предсказания изменения параметров работы оборудования, что способствует реализации концепции предиктивного обслуживания.

В ходе тестирования системы были проведены эксперименты, подтверждающие корректность сбора данных, высокую скорость их записи в базу и точность прогнозной модели. Полученные результаты показывают, что применение разработанной системы способствует улучшению мониторинга производственных процессов, повышению надежности оборудования и снижению затрат на техническое обслуживание.

***Библиографический список:***

1. IEC 62541 OPC Unified Architecture Specification
2. Hochreiter, S., Schmidhuber, J. "Long Short-Term Memory" // Neural Computation, 1997.
3. PostgreSQL: Documentation : сайт. – URL: <https://www.postgresql.org/docs/>.
4. Timescale Docs : сайт. – URL: <https://docs.timescale.com/>.
5. Рассказываем об особенностях TimescaleDB : сайт. – URL: <https://selectel.ru/blog/timescaledb-vs-world/>.
6. How to Store Time-Series Data in MongoDB and Why That's a Bad Idea : сайт. – URL: <https://www.timescale.com/blog/how-to-store-time-series-data-mongodb-vs-timescaledb-postgresql-a73939734016/>.
7. TimescaleDB vs. InfluxDB: Purpose-built for time-series data : сайт. – URL: <https://www.timescale.com/blog/timescaledb-vs-influxdb-for-time-series-data-timescale-influx-sql-nosql-36489299877/>.

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОДБОРА АНАЛОГОВ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

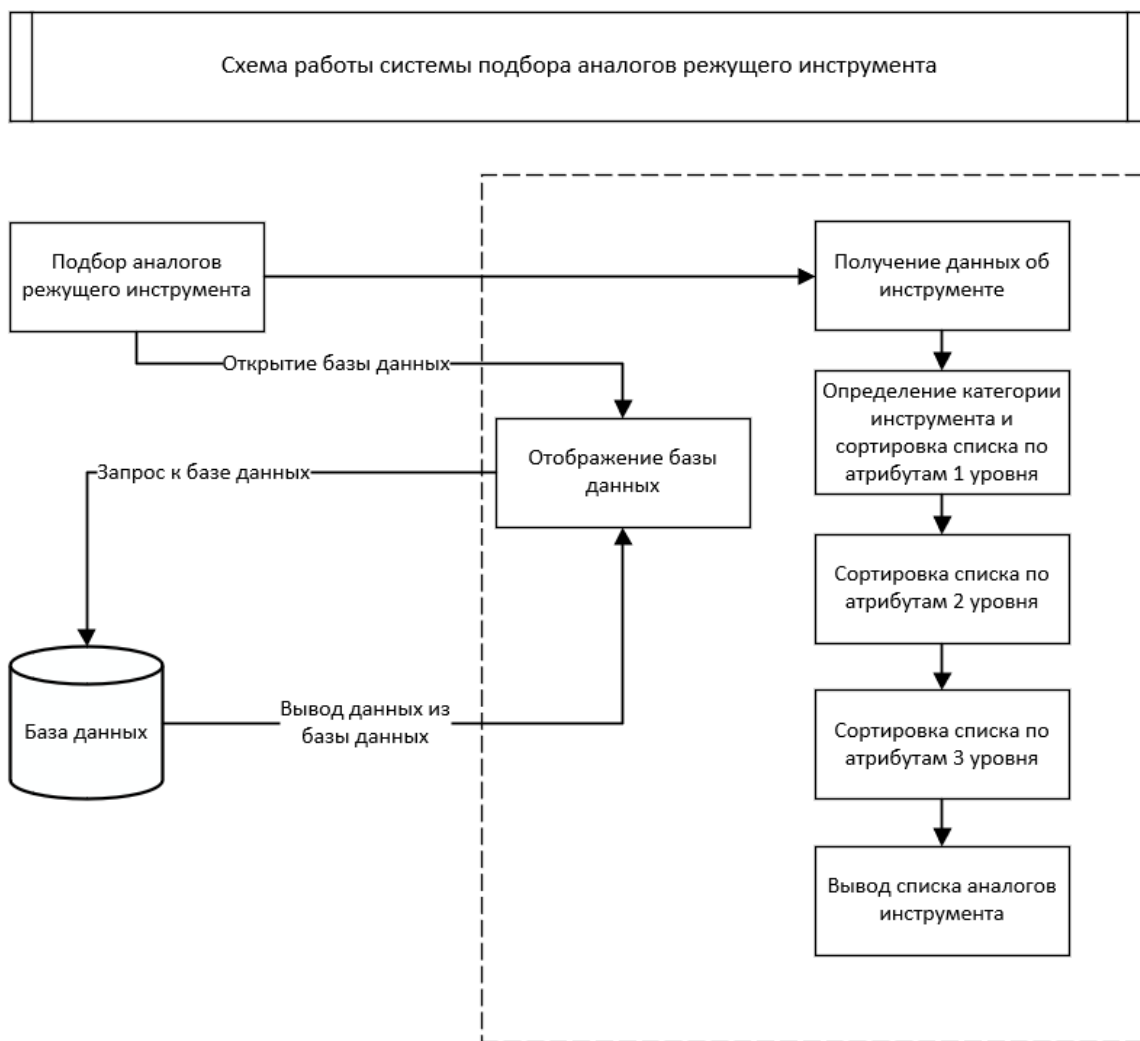
*Кондратьев В.Е.*

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

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

Подбор режущего инструмента в механической обработке является очень важной частью и к этому процессу подходят очень ответственно.

Разрабатываемая система поможет найти замену сломавшемуся инструменту в случае, если сменилась номенклатура режущего инструмента или инструмент закончился на складе.



**Рис. 1. Интерфейс системы**

Дополнительными функциями системы является просмотр базы данных, отображение количества инструмента, поиск по базе данных, включая различные сортировки по атрибутам.

### ***Библиографический список:***

1. Батуев, В.А. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением: справочник / В.А. Батуев. – М.: Машиностроение, 2007. – 161 с.
2. Лернер, П.С. Токарное и фрезерное дело / П.С. Лернер, П.М. Лукьянов. – М.: Просвещение, 2008. – 208 с.

## РАЗРАБОТКА ОБУЧАЮЩЕГО КУРСА ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ НАПИСАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ НА G КОДЕ

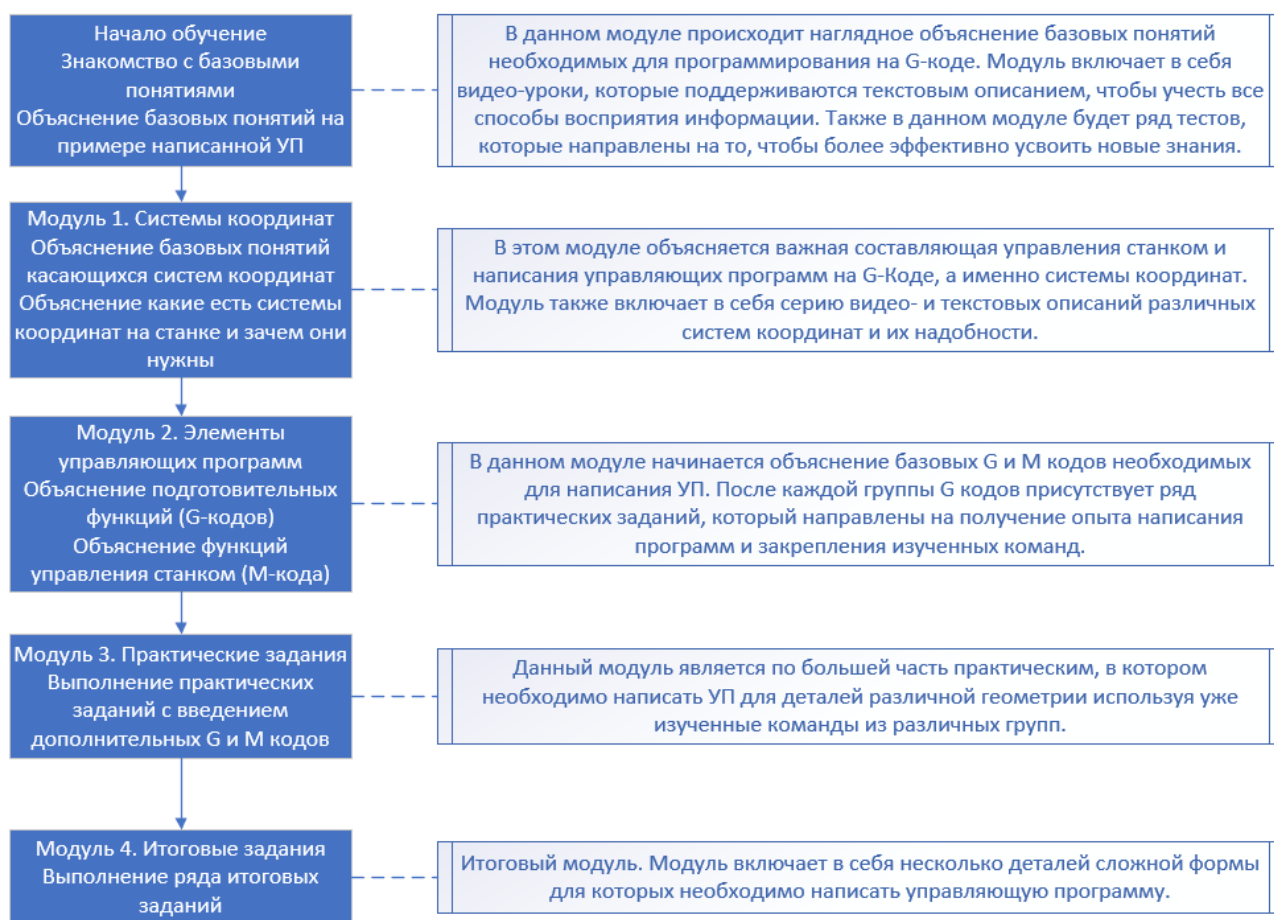
*Кондратьева Д.Д.*

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

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

Умение эффективно усваивать и использовать на практике большое количество знание на сегодняшний день очень важно. Но достижение этих целей непостижимо, если пытаться это сделать без применения методик обучения.

Разрабатываемый курс поможет обучающимся и уже работающим людям подтянуть или освоить новые знания в области написания управляющих программ на G коде.



**Рис. 1. Ведение в курс программирования на G коде**

В обучающем курсе будут присутствовать несколько модулей, благодаря которым, можно узнать основы программирования на G коде, множество подготовительных функций, а также функций управления станком, таких систем, как и AxiOMA Control.

### ***Библиографический список:***

1. Система ЧПУ «АксиОМА Контрол» Расширенное программирование (Версия 1.0.03), июль 2018.
2. Сосонкин В.Л. Программирование систем числового программного управления: учеб. пособие / В.Л. Сосонкин, Г.М. Мартинов. – М.: Логос, 2008 – 344 с.

## 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 ЧПУ, такие как «АксиОМА Контрол», требуют эффективных инструментов визуализации для повышения точности и безопасности обработки. Отсутствие четкой визуальной обратной связи может привести к ошибкам оператора и снижению качества обработки деталей.

Данное исследование направлено на разработку подсистемы, позволяющей моделировать процесс работы станка и фиксировать критические события, такие как: выход за пределы рабочей зоны и потенциальные столкновения инструмента с оснасткой.

В качестве платформы для разработки была выбрана кроссплатформенная среда разработки – Unity, что позволяет создать трёхмерную модель станка, и реализовать систему моделирования управления движением по осям X, Y, Z. Концевые выключатели моделируются в виде виртуальных триггеров, реагирующих на достижение предельных положений.

Информация о срабатывании передаются в систему ЧПУ с использованием протоколов обмена данными через OPC-сервер, что обеспечивает синхронизацию виртуальной и реальной среды.



**Рис. 1. Трёхмерная модель станка и схема взаимодействия**

***Библиографический список:***

1. Мартинов Г.М., Мартинова Л.И., Пушков Р.Л. Системы числового программного управления для автоматизации технологических процессов машиностроительного комплекса России: учебное пособие. – М.: МГТУ «Станкин», 2011. – 169 с.

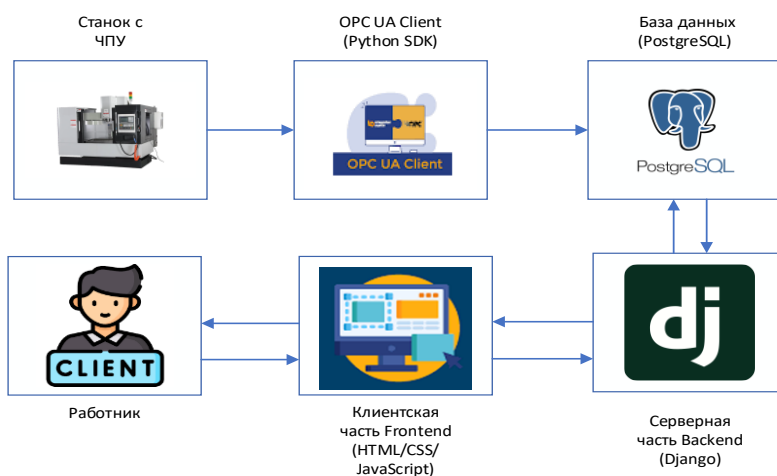
## ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА БАЗЕ ВЕБ-ТЕХНОЛОГИЙ

*Крылов Д.И.*

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

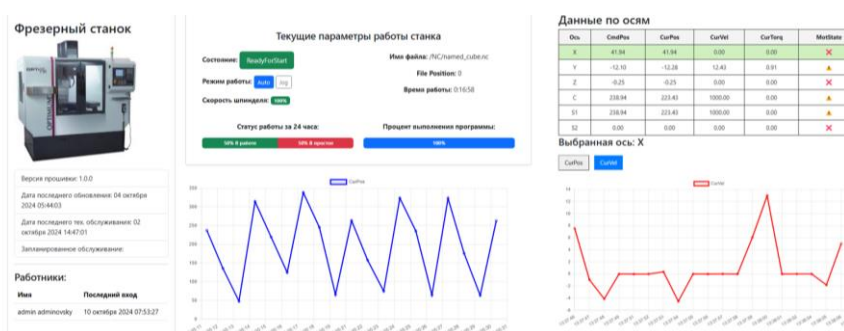
*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

Современное производство требует внедрения передовых систем мониторинга технологического оборудования. Цель исследования – создание веб-системы, обеспечивающей оперативный сбор и визуализацию данных с технологического оборудования в реальном времени. В рамках исследования была реализована модульная система мониторинга на основе фреймворка Django с поддержкой оперативного сбора данных посредством протокола OPC UA через Python-клиент (рис. 1).



**Рис. 1. Общая структурная схема системы мониторинга**

Веб-интерфейс, созданный с помощью HTML, CSS и WebSocket, визуализирует ключевые параметры оборудования: положения осей, скорости и температуры двигателей (рис. 2). Также предусмотрена административная панель для настройки и анализа данных.



**Рис. 2. Основной интерфейс мониторинга оборудования**

### **Библиографический список:**

1. Григорьев С.Н., Мартинов Г.М. Система ЧПУ: современные вызовы, информационная и технологическая безопасность // Автоматизация в промышленности. – 2016. – № 5. – С. 3–5.
2. Аль-Вади О., Козак Н. В. Применение протокола OPC UA для расширения коммуникационных возможностей систем ЧПУ // Автоматизация в промышленности. – 2019. – № 2. – С. 40–43.

## 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»*

Цель моей работы заключается в разработке интегрированной системы предиктивной аналитики, способной обеспечить комплексный анализ данных технологического оборудования для дальнейшего прогноза возможных отказов или необходимости в техническом обслуживании. Достижение этой цели предполагает решение нескольких важных задач, включая анализ существующих методик обработки 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 систем предиктивной аналитики. Включая анализ используемых ими технологических решений, возможностей интеграции и визуализации данных. Были определены их основные преимущества и недостатки, а также выявлены специфические требования к системе предиктивной аналитики для прогноза отказов и необходимости технического обслуживания.

Таблица 1.

*Сравнительный анализ существующих систем предиктивной аналитики*

	<b>IBM Watson IoT</b>	<b>Siemens MindSphere</b>
<b>Тип платформы</b>	Облачная платформа IoT	Облачная платформа IoT
<b>Интеграция с устройствами</b>	Поддержка нескольких протоколов	Открытая архитектура для интеграции
<b>Машинное обучение</b>	Да, с использованием AI	Да, с возможностью создания моделей
<b>Инструменты для разработчиков</b>	Настраиваемый интерфейс, API	API и SDK для создания собственных приложений
<b>Визуализация данных</b>	Дашборды и графики для анализа	Визуализация данных в виде графов, аналитические инструменты
<b>Отрасли применения</b>	Производство, здравоохранение	Производство, энергетика, транспорт

В результате анализа выделили необходимые характеристики для проектируемой системы: облачность, возможность интеграции и поддержки, анализ данных с помощью AI и их визуализация.

### **Библиографический список:**

1. Сытник А.С. Предиктивная аналитика сервиса технических объектов // Вестник НЦБЖД. – 2021. – №1 (47). – С. 159–170.
2. 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.

## МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

*Кунгаа А.С.*

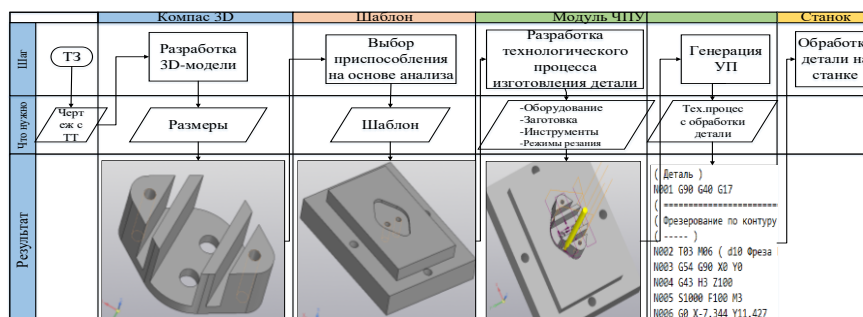
*Научный руководитель: Соколов С.В. – к.т.н., доцент*

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

В настоящий момент в производстве актуальной задачей является уменьшение временных затрат и минимизация человеческого вмешательства. В рамках данной работы предложена методика, которая позволяет одновременно разрабатывать операции и выбирать приспособление, используя шаблон. Шаблон сделан на основе анализа конструкции детали и является готовым решением для быстрого выбора подходящего приспособления.

Целью работы является повышение степени автоматизации и стандартизации подготовки технологического процесса изготовления деталей на станках с ЧПУ.

Предложенная методика заключается в следующих шагах: при поступлении технического задания в виде чертежа определенной детали инициируется процесс разработки трехмерной модели детали. После окончания разработки трехмерной модели можно одновременно работать над операциями обработки и выбором приспособления. Ограниченность приспособлений может корректировать операции, также наоборот, если при создании операций появляются новые требования, можно изменить выбор приспособления. Такой подход позволяет синхронизировать оба процесса, обеспечивая их взаимную адаптацию. Завершающим этапом будет генерация управляющей программы для дальнейшей обработки детали на станке с ЧПУ.



**Рис. 1. Предлагаемая методика подготовки технологического процесса изготовления детали**

Результаты апробации разработанной методики на примере изготовления типовой детали показали ее эффективность. Временные затраты уменьшаются за счет параллельного проектирования технологического процесса изготовления детали и станочного приспособления на основе конструктивно-технологического анализа детали.

### **Библиографический список:**

1. Зубарев, Ю.М. Расчет и проектирование приспособлений в машиностроении : учебник / Ю.М. Зубарев. – СПб: Лань, 2022. – 320 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/211958> (дата обращения: 20.02.2025).
2. Гусев, А.А. Проектирование технологической оснастки : учебник / А.А. Гусев, И.А. Гусева. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 2013. – 416 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/63254> (дата обращения: 15.03.2025).

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ РАСЧЁТОВ

*Куров Д.А.*

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

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

На сегодняшний день программное обеспечение для математических расчётов широко используется в инженерии и науки. Из-за ухода некоторых зарубежных компаний и проблем с доступом к лицензии появилась потребность в создании доступных решений. Разработка системы автоматизации для математических расчётов представляет собой: выбор технологии, на основе которой будет разрабатываться система, выбор инструмента для математических расчётов, выбор технологии для отображения данных.

Для разработки системы будет использоваться фреймворк AvaloniaUI, для обеспечения кроссплатформенности приложения. Система, разработанная с помощью AvaloniaUI может работать на разных операционных системах, таких как: Linux, macOS, Windows. Для удобства использования системы, мною был разработан интерфейс пользователя, который включает в себя выбор модуля для моделирования математических расчётов. Каждый модуль имеет свой экран, со всеми необходимыми компонентами для построения схемы модели расчётов. Элементы системы размещаются на холсте Canvas, который позволяет разработать такую модель, где каждый блок является уникальным, его можно передвигать по холсту и соединять с последующими элементами. Для работы с данными объекта разработано окно позволяющее изменять коэффициенты блока системы, которые влияют на результаты расчётов.

Кроме того, после построения модели для проведения расчётов, данные преобразуются в единую передаточную функцию. Для проведения сложных математических вычислений используется библиотека Math.NET.Numerics. Она необходима для нахождения всех необходимых характеристик, для последующего анализа математической системы. Эта библиотека .NET позволяет проводить вычисления с комплексными числами, что в данной системе является одним из самых необходимых условий корректной работы.

Для отображения данных используется библиотека ScottPlot. Библиотека на базе .NET подходит для успешного анализа найденных характеристик систем, с возможностью сохранения графиков, которые будут подвергнуты изучению в дальнейшем. Особенностью представления данных в разрабатываемой системе является то, что они будут меняться динамически, с изменением коэффициентов в реальном времени. Модель данных будет перестраиваться в зависимости от введённых в блоки значений.

### ***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. Щербаков В.С., Руппель А.А., Глушеч В.А.. 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 И ИССЛЕДОВАНИЕ OPC UA КЛИЕНТА НА ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON

*Лебедев Е.А.*

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

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

В данной работе представлена реализация приложения OPC-клиента на языке программирования Python. В основе данной разработки лежит использование библиотеки `opcua-asyncio`, которая поддерживает асинхронное программирование. Данное приложение служит для сбора данных с OPC-сервера системы числового программного управления (СЧПУ) *Axioma Control*.

Архитектура клиента включает в себя модули для установления соединения, подписки на теги данных ЧПУ и обработки асинхронных уведомлений. Приложение отслеживает ключевые параметры, такие как положение координат режущего инструмента, скорость вращения шпинделя, состояние выполнения программы и т.п. Для оптимизации производительности в программе реализован механизм групповых подписок, позволяющий агрегировать данные с нескольких узлов OPC UA в единый пакет, что снижает нагрузку на сеть и увеличивает частоту обновления данных.

Класс `UaClient` является основной для взаимодействия с сервером OPC UA. Он предоставляет функциональность для подключения к серверу, управления подписками на данные и события, а также работы с узлами и их атрибутами. Класс поддерживает настройки безопасности, такие как сертификаты и политики безопасности, что позволяет обеспечивать безопасное соединение с сервером. Основные функции включают подключение и отключение от сервера, подписку на изменения данных и события, а также чтение атрибутов узлов и получение дочерних узлов.

Класс `Window` является главным окном приложения, разработанного с использованием фреймворка `PyQt` для работы с OPC UA. Этот класс отвечает за управление пользовательским интерфейсом, взаимодействие с сервером OPC UA через клиента (`UaClient`), а также за отображение и обработку данных. Включает в себя настройку док-виджетов, меню, кнопок и других элементов интерфейса, а также сохранение и восстановление состояния приложения

Классы `DataChangeUI` и `EventUI` представляют функциональность для подписки на узлы, отписки от них, а также отображения событий в пользовательском интерфейсе. Классы `DataChangeHandler` и `EventHandler` являются обработчиками уведомлений об изменениях данных и событиях соответственно.

В данной работе продемонстрирована разработка приложения OPC-клиента на базе протокола OPC UA для взаимодействия с OPC-сервером станков с ЧПУ на примере СЧПУ *Axioma Control*. Основой данного решения стал высокоуровневый язык программирования Python с применением асинхронной библиотеки `opcua-asyncio` и фреймворка `PyQt` для создания интерфейса.

### ***Библиографический список:***

1. Pure Python OPC UA / IEC 62541 Client and Server Python URL: <https://github.com/FreeOpcUa/opcua-asyncio>.

## РАЗРАБОТКА УТИЛИТЫ ТОЧЕНИЯ ДЕТАЛИ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ

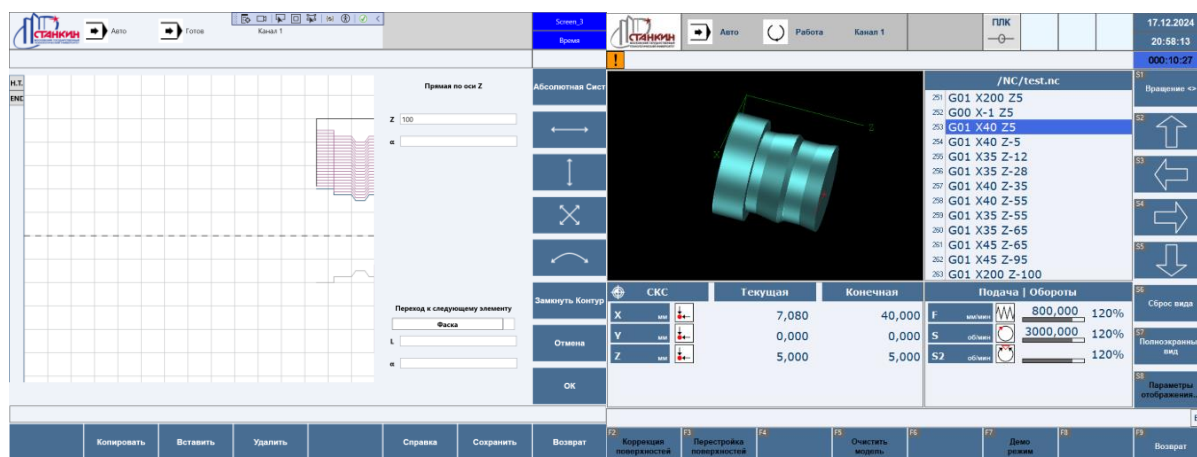
**Леонтьева В.В.**

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

**Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»**

Токарная обработка подразумевает выполнение нескольких проходов для обработки заданного контура, и для этого проходы описываются вручную как шаги обработки. Отсутствие средств визуализации значительно затрудняет разработку управляющих программ, увеличивая время отладки и поиска ошибок. Для решения данной проблемы разработана утилита, которая позволяет описать элементы контура, отобразить их, выполнить расчет проходов участков контура с последующей автоматической генерацией кода УП.

Разработанное ПО решает задачи: описания и сохранения заданного контура в файл с расширением JSON с информацией о координатах и типах интерполяции элементов контура, автоматической генерации G-кода по данным из расчетов стратегий обработки: количество необходимых проходов, исключаемые элементы, промежуточные точки которых расположены таким образом, что одним инструментом обработать этот участок невозможно, например, выточки, канавки. А также автоматическую выборку остаточного материала, и возможность последующего изменения уже созданных контуров.



**Рис. 1. Интерфейс ПО и тестирование сгенерированной УП**

**Библиографический список:**

1. Система ЧПУ «АксиОМА Контрол» Расширенное программирование. – М.: МГТУ «СТАНКИН», 2022. – 91 с.
2. Пушков, Р.Л. Разработка параметрического цикла обработки деталей типа тела вращения со сложным профилем / Р.Л. Пушков, С.В. Евстафиева, А.Э. Седьмов // Вестник МГТУ "Станкин". – 2022. – № 3(62). – С. 13–21.

## РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

*Майоров А.М.*

*Научный руководитель: Мартинова Л.И. – к.т.н., доцент*

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

Вентиляция производственных помещений является важной частью любого промышленного объекта. Правильно спроектированная система вентиляции обеспечивает безопасные и комфортные условия для работы сотрудников за счет удаления и фильтрации вредных веществ в воздухе, а также его регулярного обновления в цехах и подсобных помещениях.

Цель работы заключается в сокращении сроков проектирования производственных вентиляционных систем за счет автоматизации процессов их разработки. Оно позволит уменьшить время подбора оборудования, подготовки проектной документации и обеспечит более эффективное обучение нового персонала.

Приложение состоит из трех блоков, направленных на решение основных задач проектирования.

Первый блок – подбор оборудования по заданным параметрам. На вход даются параметры, которые приложению необходимо обработать и предложить оборудование, которое будет удовлетворять данным параметрам.

Второй блок – разработка функциональных схем автоматики. При работе с данным блоком пользователю предлагается последовательная схема из блоков на приточную и вытяжную вентиляцию, куда тот прописывает заложенные в базу данных параметры, привязанные к стандартным шаблонам. После ввода всех параметров, приложение выдает готовую функциональную схему автоматики.

Третий блок – разработка схем внешних подключений к щиту автоматики. Данный блок требует лишь всех ввода параметров, обозначающих представленную в разрабатываемой системе вентиляции автоматику. Приложение подбирает к параметрам соответствующие шаблоны и изображает их на схеме внешних подключений.

### ***Библиографический список:***

1. Абрамкина Д.В, Бусахин А.В., Фатуллаева К.М. Проектирование промышленных систем вентиляции, учебно-методическое пособие, 2023 год.
2. Балашов, А.А. Проектирование систем отопления и вентиляции гражданских зданий, учебное пособие, 2011 год.

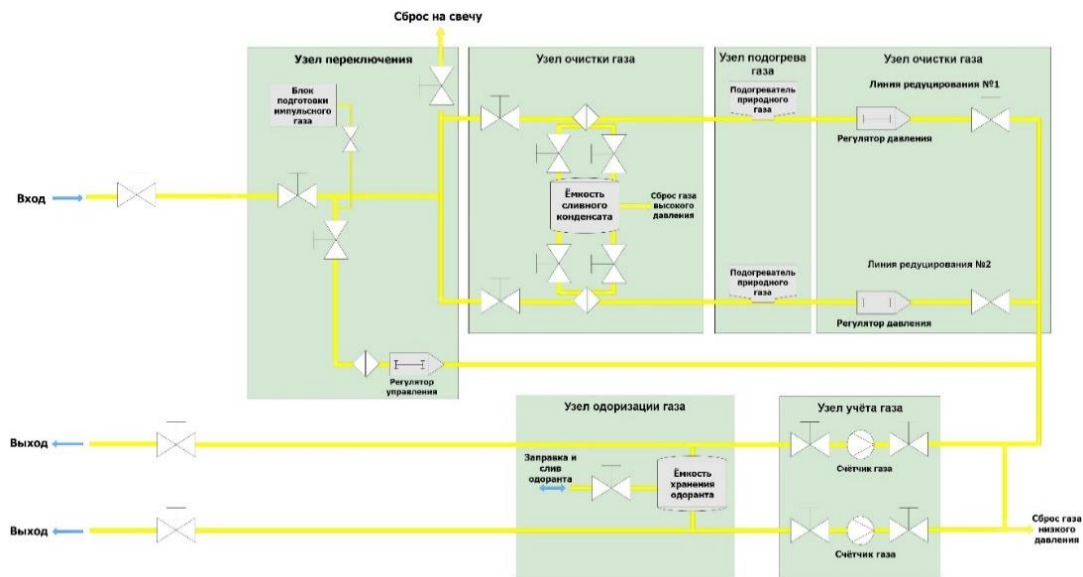
## ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СТАНЦИЕЙ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА

*Маслова Е.П.*

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

Использование программируемых логических контроллеров (ПЛК) для решения задач автоматизации широко востребовано в газовой и нефтяной промышленности. Наибольший потенциал применения ПЛК проявляется в системах автоматического управления газораспределительными станциями (ГРС), выполняющими функцию распределения природного газа как для промышленных комплексов, так и для бытового сектора. Эффективность работы ГРС непосредственно влияет на надежность газоснабжения, а значит, на безопасность и комфорт жизни людей. В условиях возрастающих требований к качеству и надежности поставок газа внедрение современных технологий автоматизации таких объектов становится важной задачей. Практическое применение ПЛК в ГРС позволяет обеспечить более точный контроль, мониторинг и управление.

В ходе исследования были описаны основные алгоритмы управления газораспределительной станцией на базе ПЛК, а также была реализована программная часть управления газораспределительной станцией в среде CODESYS V3.5. Алгоритмы систем автоматического управления ГРС (структура системы представлена на рисунке) должны обеспечивать дистанционное управление кранами, измерение параметров газа, контроль состояния оборудования, обработку данных от датчиков, надежную выдачу сигналов телеуправления, первичную обработку информации с настройками на уровне модулей, автоматическую диагностику систем с сигнализацией неисправностей и оперативное изменение настроек в процессе эксплуатации.



**Рис. 1. Структура газораспределительной станции**

### **Библиографический список:**

1. Газпром. Газораспределительная станция Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://www.gazprominfo.ru/terms/gas-distributing-station/>
2. ГОСТ Р МЭК 61131-1 – 2016. Контроллеры программируемые. Часть 1. Общая информация
3. Нефтегаз. Газораспределительная станция (ГРС) Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://neftegaz.ru/tech-library/sistemy-teplosnabzheniya-i-gazosnabzheniya/141465-gazoraspredeleitelnaya-stantsiya-grs/>.

## ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ИОТ-РЕШЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ КЛИМАТА В ЦЕХУ

*Мелгар Г.Х.*

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

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

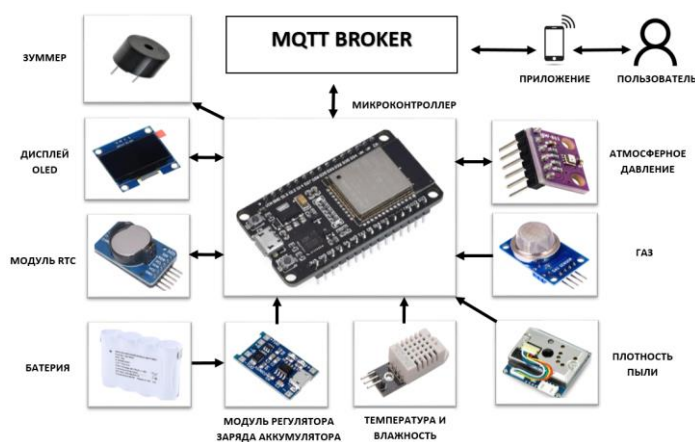
Многие современные промышленные предприятия требуют автоматизации систем контроля за климатом для обеспечения безопасности, энергоэффективности и соблюдения экологических стандартов. При разработке системы IoT она была сконфигурирована на микроконтроллере ESP32, который интегрирует датчики температуры, давления, газа и пыли.

Основные функции системы:

- Мониторинг климатических параметров в режиме реального времени с частотой их обновления 2 секунды.
- Передача данных через MQTT Broker в мобильное приложение.
- Автоматическое оповещение при превышении порогов различных встроенных датчиков.
- Локальная обработка данных, исключая использование облачных служб.

Некоторые из больших преимуществ являются низкой стоимостью менее 100 долларов благодаря использованию открытых компонентов, модульность электронных компонентов с возможностью добавления датчиков (шум, вибрации) и соответствие международным стандартам OSHA и EPA.

Экспериментальные тесты подтвердили точность измерения  $\pm 2\%$  и задержку передачи данных менее чем на 2 секунды. Система была успешно проанализирована в электронной мастерской, где было протестировано обнаружение всех порогов оповещения.



**Рис. 1. Схема подключения датчиков к ESP32**

### **Библиографический список:**

1. Калибровка газовых датчиков в опасных средах. (2019). National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Номер публикации 2019-145.
2. OSHA Standard 1910.1200. (2023). Occupational Safety and Health Administration. From: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.1200>.
3. ISO 7726:2022. Эргономика термической среды - Instruments for measuring physical quantities. International Organization for Standardization.

## 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 и управления МГТУ «СТАНКИН»*

Данная работа посвящена решению задачи улучшения производственных процессов и повышения эффективности работы инструментов.

Задача улучшения производственных процессов включает в себя:

- Автоматизацию учёта наличия инструмента: позволяет избежать простоев из-за нехватки необходимых инструментов, данная система позволяет менеджеру по закупке получать информацию о закончившемся инструменте и с небольшим оставшимся ресурсом.
- Оптимизация работы: за счёт более точной связи оператора системы ЧПУ и технолога, все данные об использованном инструменте в процессе обработки детали отправляются в базу данных.

Задача повышения эффективности работы инструмента:

- Анализ данных об инструменте: система производит сбор данных о работе инструмента, что позволяет выявлять инструмент с наибольшим ресурсом.
- Мониторинг состояния инструмента: выявление инструмента с наибольшим износом, для предотвращения поломки заготовки и выхода из строя оборудования.

Решение поставленной задачи:

1. Анализ требований:

- Получение данных из системы ЧПУ АксиОМА Контрол (тип инструмента, состояние, количество операций, диаметр).
- Добавление пользователей системы, включающих оператора системы ЧПУ, инженера-технолога и менеджера по закупкам.

2. Проектирование системы:

- Выбор языка программирования и определение с программными средствами для реализации поставленной задачи. Для написания программы будет использоваться фреймворк QT Creator и язык программирования C++
- Разработка прототипа интерфейса.

3. Разработка системы:

- Написать код для реализации функциональности системы, включая логику обработки данных и интеграцию с оборудованием.
- Создание базы данных, разработка структуры для хранения информации о режущих инструментах, их состоянии и истории использования.

### ***Библиографический список:***

1. Малов, И. В. Системы ЧПУ и программирование технологического оборудования [Текст] / И.В. Малов. – М.: Машиностроение, 2007. – 352 с.
2. Шлее, М. \*Qt 4. Профессиональное программирование на C++\* / М. Шлее. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 896 с.
3. Ханкс, К. Machining For Dummies / К. Ханкс. – Санкт – Петербург : Диалектика, 2018. – 368 с.

## АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

*Меркулов К.Э.*

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

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

Задача диагностики режущего инструмента в условиях современного производства, характеризующегося высокими темпами автоматизации и цифровизации, важность систем анализа технологических данных обработки возрастает с каждым днем.

Диагностика и прогнозирование износа режущего инструмента в реальном времени позволят обеспечить выполнение технологической операции без риска поломки инструмента, повысить точность обработки, а также снизить производственные затраты, так как своевременная замена предотвращает поломки и снижает затраты на ремонт оборудования.

Существует множество диагностических систем и это обусловлено тем, что критериев для оценки износа много, единый подход, соответствующий требованиям и возможностям комплексов и оборудования, отсутствует.

Таблица 1.

*Анализ диагностических систем*

Параметры для сравнения	Системы			
	PROMETEC Promos (Германия)	NORDMANN (Швейцария)	MONTRONIX Diagnostic Tools (Германия)	Brankamp (Германия)
Способ отображения результатов	График зависимости сила/время	График зависимости сила/время	График зависимости сила/время	График зависимости сила/время
Диагностические данные	Силы $P_x, P_y, P_z$ , АЭ, мощности, вибродатчики	Силы $P_x, P_y, P_z$ , АЭ, мощности, вибродатчики	Силы $P_x, P_y, P_z$ , АЭ, мощности, вибродатчики	АЭ и продольные деформации
Реализация функции прогнозирования в реальном времени	Не реализована	Не реализована	Не реализована	Не реализована
Реализация функции диагностики режущего инструмента в реальном времени	Реализована	Реализована	Реализована	Реализована

В результате анализа можно сделать вывод, что имеется необходимость разработки системы для диагностики режущего инструмента и прогнозирования остаточной стойкости в реальном времени.

### **Библиографический список:**

1. Мартинова Л.И., Григорьев А.С., Соколов С.В. Диагностика и прогноз износа режущего инструмента в процессе обработки на станках с ЧПУ // Автоматизация в промышленности. – 2010. – №5. – С. 46–50.
2. Григорьев А.С. Инструментарий системы ЧПУ для диагностики и прогнозирования износа режущего инструмента в реальном времени при токарной обработке // Вестник МГТУ «СТАНКИН». – 2012. – № 1(18). – С. 39–43.

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ВИЗУАЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ УП

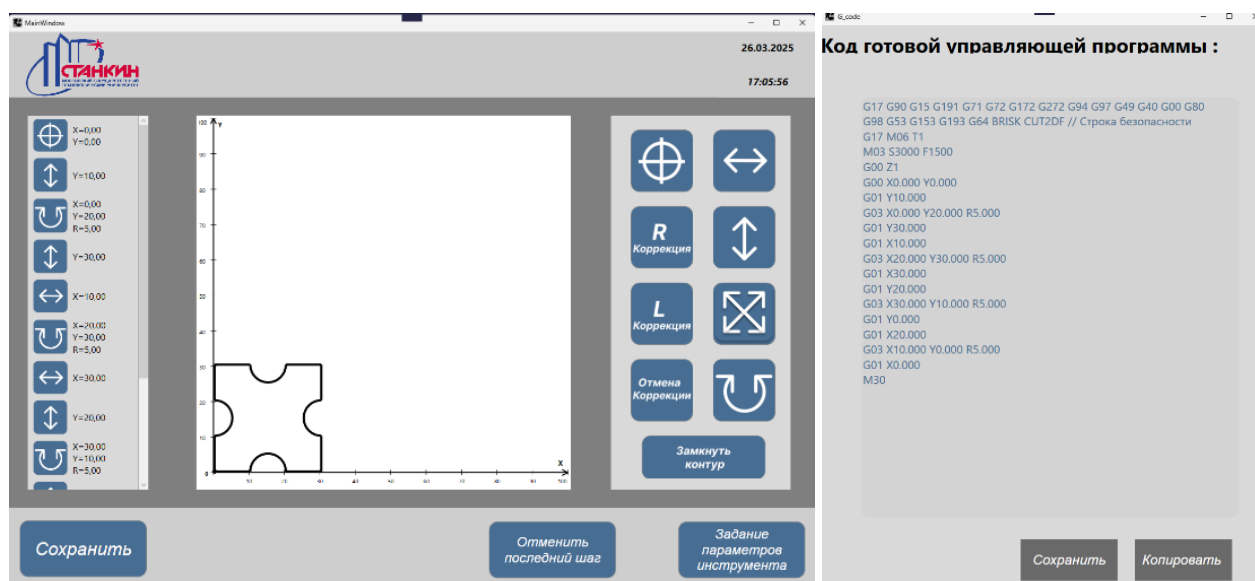
*Метельков П.Н.*

*Научный руководитель: Евстафиева С.В. – ст. преподаватель  
Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

Проектирование управляющих программ для станков с ЧПУ является трудоемкой задачей, 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 рассматриваемой работе система визуального программирования позволяет создавать управляющую программу, используя метод перетаскивания элементов для выстраивания их в нужной последовательности. Построение контура осуществляется шаг за шагом, путем параметризации отдельных элементов. В дальнейшем по построенной последовательности можно создать управляющую программу в G-коде и запустить ее выполнение на полноценной системе ЧПУ «АксиОМА Контроль». Генерация G-кода УП при этом выполняется автоматически и не требует высокой квалификации от разработчика.

Предлагаемый подход позволяет абитуриенту познакомиться с системой ЧПУ, написать для нее УП при этом не обладая необходимыми для оператора СЧПУ компетенциями. 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-stati/napisanie-upravlyayushchikh-programm-dlya-stankov-s-chpu/>.

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ УП ДЛЯ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С РАЗЛИЧНЫМИ СЧПУ

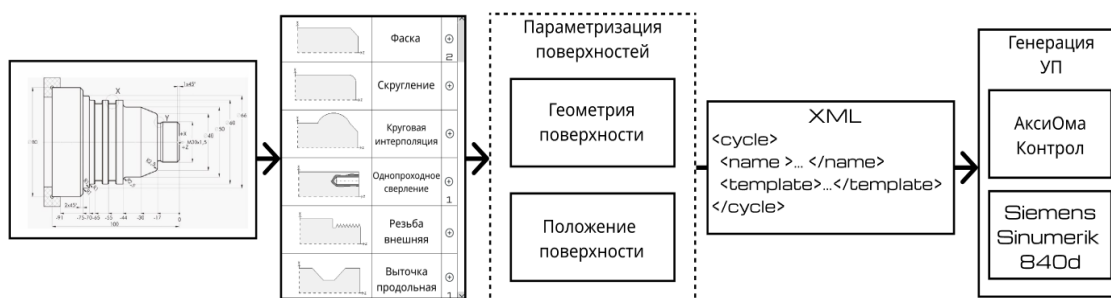
*Морозов Д.А.*

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

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

На современных предприятиях эксплуатируются станки с различными системами числового программного управления. Для каждой СЧПУ характерен свой синтаксис, дополнительные команды управления. При этом детали одного типа могут изготавливаться на станках с разными СЧПУ. При написании управляющей программы для одного и того же типа детали программист тратит много времени на разработку, тестирование и отладку, также увеличивается вероятность ошибок в УП.

В предлагаемом подходе деталь типа тела вращения рассматривается как совокупность типовых поверхностей: наружная цилиндрическая, внутренняя коническая поверхности, фаска, скругление, продольная выточка, резьба внешняя и т.д. Пользователь выбирает эти поверхности, заполняет в маске ввода геометрию и положение поверхности. Далее необходимо выбрать из списка поддерживаемую СЧПУ и сгенерировать для нее УП. В качестве СЧПУ для тестирования предлагаемой методики рассматриваются: АксиОМА Контрол и Siemens Sinumerik 840d. Синтаксис вызова готовых циклов СЧПУ и разработанных пользователем будет храниться в XML документе. Использование XML документа позволяет расширять систему для использования других СЧПУ.



**Рис. 1. Подход разработки УП для различных СЧПУ**

Программист выбирает список поверхностей, из которых состоит деталь, параметризует их и выбирает для какой СЧПУ необходимо сгенерировать УП.

Рассмотренный подход избавляет от переписывания УП для различных СЧПУ, тем самым уменьшая время на разработку, также сократит количество ошибок в коде. Использование данного подхода позволяет снизить требования к квалификации программиста, так как ему достаточно выбрать поверхности и ввести параметры, необходимые для обработки этих поверхностей и на выходе получить управляющую программу для нужной СЧПУ. Использование XML и абстракций позволяет легко расширить систему для использования других систем ЧПУ.

### **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 Контрол» Расширенное программирование (Версия 1.0.14), июль 2022.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ СТАНЦИЙ ОЧИСТКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ВОДЫ

**Нгема Манге Х.Р.Н.**

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

**Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»**

Целью данной работы является повышение качества технической воды. Метод-автоматизация контроля состояния фильтров и клапанов системы водоочистки. Решаемые задачи- анализ систем водоочистки, разработка структуры системы водоочистки.

Современные станции очистки технической воды сталкиваются с растущими требованиями к качеству очистки, снижению затрат и минимизации воздействия на окружающую среду. Автоматизация становится ключевым фактором для достижения этих целей.

Таблица 1.

*Сравнение методов автоматизации станций очистки технической воды*

Метод автоматизации	Описание	Преимущества	Недостатки	Примеры Используемого Оборудования
Автоматическое управление промывкой фильтров	Автоматическая промывка фильтров по таймеру, давлению или другим критериям	Увеличение срока службы фильтров, уменьшение затрат на обслуживание, стабильность работы	Возможно неэффективно при резких изменениях качества воды, требует надежных датчиков	Датчики давления, клапаны, ПЛК, система управления обратной промывкой
Автоматическое управление насосами и клапанами	Автоматическое включение/выключение насосов и открытие/закрытие клапанов для поддержания уровней и давлений	Обеспечение стабильной работы системы	Зависимость от настройки параметров	Датчики уровня, давления, насосы, клапаны с электроприводом, ПЛК

Используемые ключевые компоненты системы автоматизации включают программируемые логические контроллеры (ПЛК) для сбора данных, управления оборудованием и реализации алгоритмов управления; SCADA-системы для визуализации данных, удаленного управления и архивирования информации.

### **Библиографический список:**

1. Бураков, А. Мембранная очистка воды / А. Бураков, И. Романцова, А. Кучерова. – М.: LAP – Lambert Academic Publishing, 2014.

## ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ГИБКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ ПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

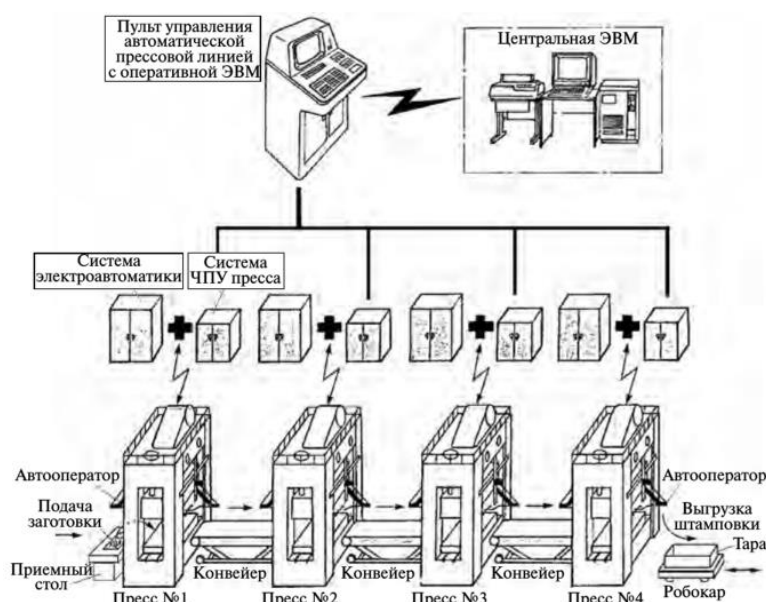
*Ндлову М.*

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

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

Прессовое оборудование – важная составляющая многих производственных процессов, используемая для формования, штамповки и сборки металлических изделий. Однако традиционные системы, основанные на использовании механических или гидравлических прессов, обладают ограниченной адаптивностью и требуют значительных затрат на модернизацию для соответствия современным производственным требованиям.

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 ЭВМ**

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. – М.: Машиностроение, 1988.
2. Роботизированные технологические комплексы в ГПС / Н.М. Довбня, А.Н. Кондратьев, Е.И. Юрвич. – Л.: 1990.

## 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»*

В современном мире микроэлектроники наблюдается резкий спад эффективности традиционных кремниевых технологий. Закон Мура, который на протяжении десятилетий обеспечивал экспоненциальный рост вычислительной мощности за счёт уменьшения размеров транзисторов, сегодня сталкивается с фундаментальными физическими ограничениями. Кремний ограничен в термической проводимости, что приводит к перегреву, а утечка тока и квантовые эффекты становятся всё более критичными при миниатюризации элементов. Эти проблемы вынуждают ученых и инженеров искать альтернативные материалы, способные обеспечить новые уровни производительности и энергоэффективности.

Одним из наиболее перспективных вариантов является использование искусственных алмазов, синтезируемых методом химического осаждения из газовой фазы (CVD). Искусственный алмаз обладает рядом уникальных физических свойств: высокой теплопроводностью, исключительной прочностью, химической инертностью и широким энергетическим зазором. Эти качества позволяют не только снизить тепловыделение в микропроцессорах, но и обеспечить работу устройств в условиях высоких нагрузок. Применение алмазных структур уже находит отражение в разработке квантовых компьютеров и передовых микроэлектронных систем, где критически важна надежность и стабильность работы компонентов.

Основной акцент исследования сделан на автоматизацию процесса синтеза искусственных алмазов методом CVD. Внедрение автоматизированной системы управления позволяет точно контролировать технологические параметры – температуру, давление, состав газовой среды и скорость роста кристаллов. Использование современных датчиков и алгоритмов обратной связи обеспечивает непрерывный мониторинг и коррекцию процесса, что минимизирует производственные дефекты и повышает однородность получаемого материала. Такой системный подход способствует быстрому переходу от экспериментальных лабораторных условий к промышленному масштабу, а также снижает затраты на производство.

Предварительные испытания автоматизированной системы демонстрируют значительный прирост качества синтезируемых алмазов и стабильность микроструктуры материала. Полученные данные подтверждают, что переход от кремния к искусственному алмазу способен преодолеть существующие технологические барьеры в микроэлектронике. В результате возможно создание новых поколений микропроцессоров с повышенной энергоэффективностью, стабильностью и скоростью работы, что особенно актуально для квантовых вычислительных систем и других высокотехнологичных приложений. Дальнейшие исследования в области оптимизации автоматизированного CVD процесса открывают перспективы масштабирования технологии и её внедрения в производство передовых электронных устройств.

### ***Библиографический список:***

1. Хмельницкий Р.А., Талипов Н.Х., Чучева Г.В. Синтетический алмаз для электроники и оптики. – М.: Издательство ИКАР, 2017. – 228 с.

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СОРТИРОВКИ ДЕТАЛЕЙ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ С УЧЁТОМ РАЗНООБРАЗИЯ ИХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ДЕФЕКТОВ

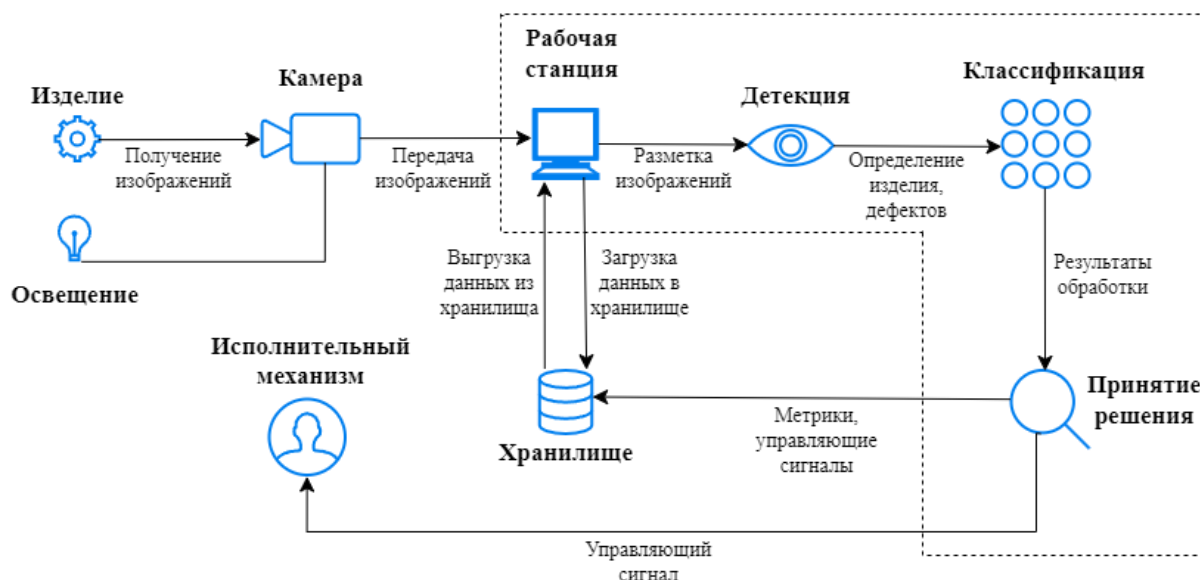
*Парусенко Н.С.*

*Научный руководитель: Червонова Н.Ю. – ст. преподаватель*

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

На сегодняшний день технологии машинного зрения позволяют создавать системы, способные не только автоматически распознавать объекты, но и классифицировать их. При сортировке деталей это особо актуально, так как промышленные линии сталкиваются с необходимостью обработки изделий с различными геометрическими параметрами и возможными дефектами.

Контроль сортировки деталей при помощи машинного зрения с учётом разнообразия их геометрических параметров и дефектов может снизить участие человеческого фактора при производстве. С этой целью была разработана система, использующая гибридный подход. Изображение объекта захватывается промышленной камерой, после чего происходит его детекция, а затем классификация. На основе результатов обработки, система принимает решения и посылает сигналы на исполнительные механизмы.



**Рис. 1. Обобщенная схема взаимодействия элементов системы сортировки деталей на основе машинного зрения с учётом разнообразия их геометрических параметров и дефектов**

### *Библиографический список:*

1. Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю., Бондаренко А.В., Ососков М.В., Моржин А.В. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения. – М.: Физматкнига, 2010. – 689 с.
2. Форсайт, Дэвид А., Компьютерное зрение. Современный подход: Пер. с англ. / Дэвид А. Форсайт, Жан Понс. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 928 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПАНЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ И НАСТРОЙКИ БАЗОВЫХ ПАРАМЕТРОВ МОДУЛЯ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ СЧПУ

*Петровичева А.С.*

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

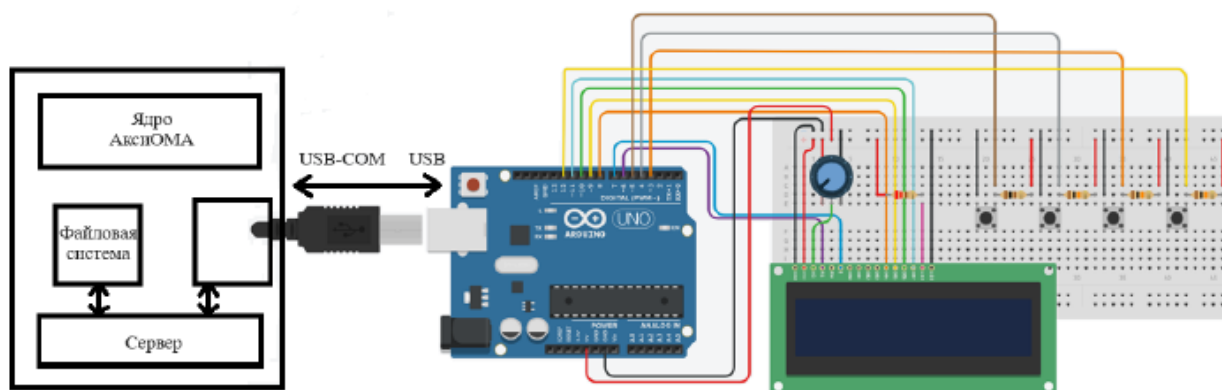
*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

**Панели оператора** широко применяются в автоматизированных системах управления технологическими процессами. Они позволяют оператору контролировать и настраивать оборудование через удобный интерфейс. На рынке представлены панели таких производителей, как Siemens, Schneider Electric, Allen Bradley, ABB и другие.

Базовые панели оператора являются важным элементом автоматизированных систем управления. Они обеспечивают возможность контроля работы оборудования и изменение параметров. К ним относятся скорость и частота вращения двигателей, их управление, режимы оборудования и исполнительные механизмы. С встроенными функциями диагностики, журналирования, с помощью которых можно выявлять неисправности, квитировать панельные аварии и корректировать параметры.

В данной работе базовая панель оператора разрабатывается на микроконтроллере Arduino, который имеет ряд преимуществ, среди которых габариты, простота использования и конечная стоимость.

В дальнейшем планируется внедрить промышленный протокол Modbus RTU, по которому будет происходить общение между базовой панелью оператора и модулем реального времени СЧПУ.



**Рис. 1. Схема установки**

### **Библиографический список:**

1. Клиент и сервер [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ibm.com/docs/ru/aix/7.1?topic=systems-client-server> – Дата доступа: 20.04.2024.
2. Ncsystems «АксиОМА Контрол» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ncsystems.ru/index.php/ru/menupic3> – Дата доступа: 20.04.2024.
3. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Системы числового программного управления: Учеб. Пособие. – М.: Логос, 2005. – 296 с. ISBN 5-98704-012-4.

## РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ УДАЛЕННОЙ НАСТРОЙКИ СЕРВОПРИВОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОТОКОЛА CAN

*Писарев Д.И.*

*Научный руководитель: Аль Хури А. – ст. преподаватель*

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

Сервоприводы используются в различных отраслях промышленности и робототехнике, однако ранее их управление было затруднено без использования специализированного оборудования и программного обеспечения.

Разработка модуля удаленной настройки сервоприводов с использованием протокола CAN, а также микрокомпьютера Raspberry Pi позволит существенно упростить и расширить процесс мониторинга и параметризации приводов за счет возможности удаленного подключения к системе и возможности подключения более одного привода.

Преимуществами предлагаемого модуля удаленной настройки сервоприводов являются его простота масштабирования и модернизации системы (опционально с помощью VPN можно реализовать подключение к приводам с любой точки мира), возможность управления несколькими приводами, а также кроссплатформенность за счет использования Web-технологий.

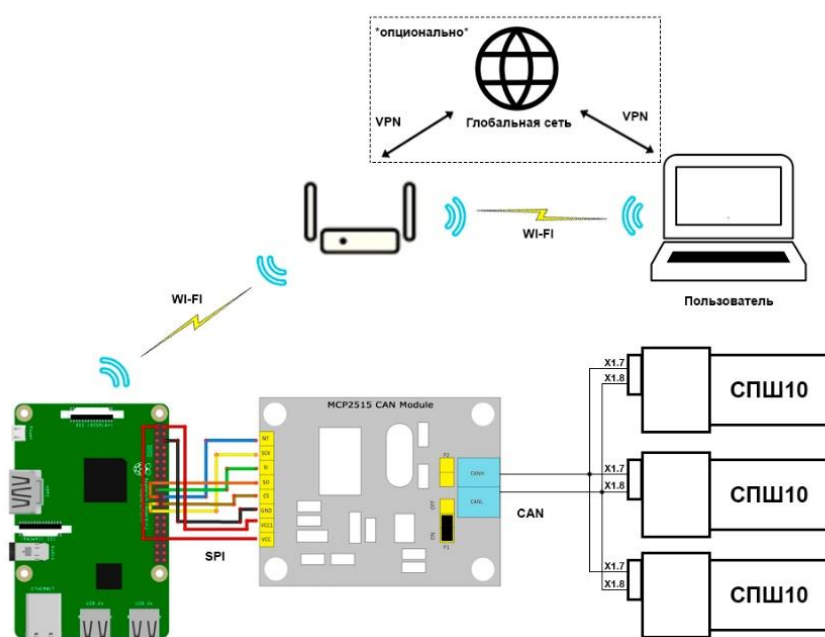


Рис. 1. Схема реализации модуля удаленной настройки сервоприводов

### **Библиографический список:**

1. Документация по интегрированным сервоприводам СПШ4: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.servotechnica.ru/doc/index.pl?id\\_brand=10#id26](https://www.servotechnica.ru/doc/index.pl?id_brand=10#id26).
2. Мартинов Г.М., Аль Хури Акрам, Исса Ахед Удаленное управление сервоприводами CAN и мониторинг их работы на основе микрокомпьютеров ARM и с использованием протокола OPC UA // Автоматизация в промышленности, №10. 2019. с.9-12
3. Петин В. А. Микрокомпьютеры Raspberry Pi. Практическое руководство / В.А. Петин. – СПб: БХВ-Петербург, 2015. – 240 с. – ISBN 978-5-9775-3519-9.

## РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОГО МОДУЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ПРОМЫШЛЕННОЙ АВТОМАТИКИ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА K1986BE1T

*Пожаров А.В.*

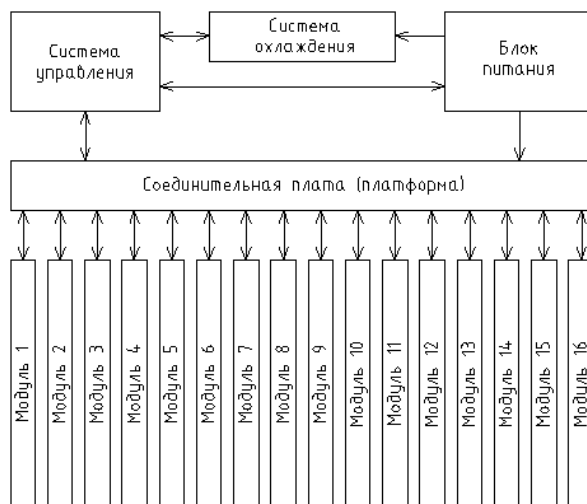
*Научный руководитель: Фокин Н.Н. – к.т.н., доцент*

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

В настоящее время одной из наиболее актуальных проблем является зависимость российских производителей от иностранной электронно-компонентной базы (ЭКБ) и иностранного промышленного оборудования. В условиях существующих ограничений российские производители не всегда имеют возможность приобрести зарубежные ПЛК, контроллеры и другое оборудование, а существующие отечественные решения как правило построены на импортной ЭКБ.

В качестве альтернативы предлагается универсальное модульное устройство промышленной автоматики (УУПА), построенное на базе российского микроконтроллера K1986BE1T с использованием отечественной электронно-компонентной базы. В качестве основной концепции устройства был использован стандарт модульных измерительных устройств PXI.

Устройство представляет собой платформу-шасси, поддерживающее подключение до 16 плат-модулей, выполняющих различные функции, такие как цифровой ввод-вывод, управление интерфейсами передачи данных, управление питанием и т.п. Обмен данными между отдельным модулем и внешними источниками осуществляется через разъёмы на передней панели. При этом модули могут быть как специальными, так и универсальными. Например, стандартный цифровой модуль ввода-вывода может использоваться для автоматизированной проверки плат и жгутов, а также реализовывать задачи управления различными устройствами, такими как конвейерные ленты, вентиляторы, отопители и т.п.



**Рис. 1. Обобщённая схема УУПА**

### **Библиографический список:**

1. PXI Specification Standard Explained [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ni.com/en/shop/pxi/pxi-specification-standards-explained.html>, свободный (дата обращения: 26.03.2025).
2. Модульные измерительные системы для автоматизированных испытаний [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nitec.nstu.ru/upload/lib/Understanding%20a%20Modular%20Instrumentation%20System%20for%20Automated%20Test.pdf>, свободный (дата обращения: 26.03.2025).

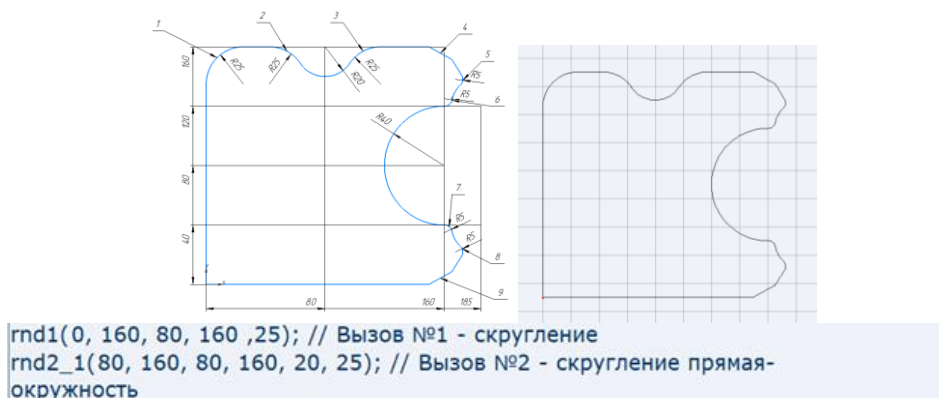
## ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА НАБОРА КОМАНД ОБРАБОТКИ ФАСОК И СОПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ СЧПУ «АКСИОМА КОНТРОЛ»

*Родин А.М.*

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

*Кафедра компьютерные системы управления МГТУ «СТАНКИН»*

Одно из основных направлений развития систем ЧПУ – расширение функциональных возможностей программирования отдельных элементов контура. На данный момент в СЧПУ «АксиОМА Контрол» отсутствует возможность сопряжения прямых или окружностей с помощью команд скругления или фаски. Для описания сложных контуров, включающих в себя сопряжения, фаски, требуется использовать дополнительные программы, такие как САД-системы для нахождения точных значений центров окружности и точек сопряжения.



**Рис. 1. Пример обработки со всеми видами сопряжений и результат выполнения программы**

Для реализации команды построения сопряжения/фаски необходимо заранее знать 3 параметра: координаты входа в сопряжение первого перемещения, координаты выхода из сопряжения и радиус скругления, либо длину фаски.

Таким образом реализация функции сопряжения/фаски сводится к задаче расчёта и нахождения координат точек пересечения, каждая из которых принадлежит траектории изначального перемещения и планируемого сопряжения/фаски одновременно.

После вызова каждой из функций производится расчёт всех дополнительных и переходных параметров. В зависимости от типа сопряжения может определяться как коэффициенты наклона фаски, так и вариант круговой интерполяции с центром расчётной окружности. Программа самостоятельно учитывает исключения, свойственные тригонометрическим функциям и производит расчёты с поправкой на них.

Разработанные команды позволяют существенно упростить описание контура в СЧПУ «АксиОМА Контрол», уменьшить количество ошибок, связанных с расчетами точек перехода различных типов траекторий, ускорить процесс разработки УП.

### **Библиографический список:**

1. Мартинов, Г.М. Автоматизация технологических процессов в машиностроении: учебное пособие – 2-е изд., перераб. и доп. / Г.М. Мартинов, Л.И. Мартинова, Р.Л. Пушков. – М.: МГТУ "Станкин", 2011. – 200 с.

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ РАБОТЫ С НЕЙРОСЕТЯМИ (NEUROCONSTRUCTOR)

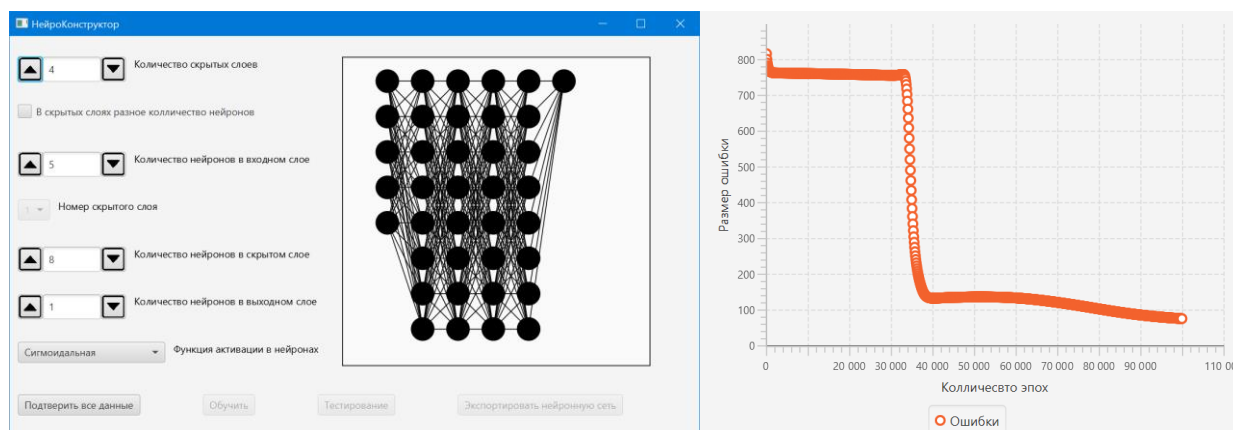
*Родионов Д.С.*

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

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

В наши дни, когда множество компаний ушли из России как-никогда остро встал вопрос об импортозамещении. Это довольно сильно коснулось и сферы ИТ. Ранее в Российских университетах широко использовалось ПО под названием MatLab. В данной программе был функционал для разработки и обучения нейросетей. И теперь, когда MatLab ушел из России у студентов не осталось удобного современного ПО для обучения созданию нейронных сетей, кроме как писать их своими руками с помощью кода. Были проанализированы современные нейроэмуляторы и разработан NeuroConstructor.

NeuroConstructor - конструктор нейронных сетей. Это программа создана как для студентов, чтобы помочь им в обучении работы с нейросетями, так и для людей, которые в них разбираются, для того чтобы они могли не писать код для нейронной сети, а заниматься проектированием и обучением, что невероятно упростит их жизнь.



**Рис. 1. Интерфейс NeuroConstructor**

Пользователь может выбрать нужную ему архитектуру, задать обучающую выборку и обучить нейронную сеть, не выходя из программы. При этом для упрощённого понимания перед пользователем всегда будет экран с архитектурой, динамически изменяющейся от действий пользователя. Причем изменение архитектуры гибкое и удобное. После обучения пользователь может зайти в раздел с результатами и посмотреть результаты обучения и отредактировать нейросеть или выборку при необходимости. Далее после проектирования и обучения нейронной сети у пользователя будет возможность экспортировать нейронную сеть в виде готового программного кода, написанного на том языке, который был выбран пользователем. Программа уже поддерживает нейронные сети прямого распространения и в ближайшие месяцы будет поддерживать сверточные нейронные сети для работ с изображениями.

Таким образом, данная программа является удобным конструктором с широким набором инструментов, подходящая для создания нейронных сетей для разных задач. С помощью NeuroConstructor можно обучать студентов нейронным сетям и облегчить работу специалистам.

### ***Библиографический список:***

1. Lecun, Yann, et al. "Efficient backprop." Neural networks: Tricks of the trade. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012. 9-48.

---

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛИЦЕЙ НА БАЗЕ  
ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА**

**Савилов И.О.**

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

**Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»**

В современных реалиях сельского хозяйства использование систем автоматизации выращивания агрокультур уже давно стало не новинкой, а производственной необходимостью, ввиду сложностей выращивания нетипичных продуктов для определённого региона, из-за чего падает эффективность их производства. Для автоматизации производства овощей, будем использовать ПЛК и датчиков контроля температуры воздуха и почвы, влажности воздуха и почвы, а также датчиков уровня углекислого газа и кислотности почвы. Контролировать соответствующие параметры будем при помощи промышленного кондиционера, увлажнителя, однофазного реле, бака с водой, бака с жидким удобрением, тёплого пола, баллона с углекислотой.

Управление будет осуществляться при помощи Овен ПЛК110[M02], особенностью управления теплицей является то, что в зависимости от показаний датчиков будет меняться мощность воздействия на микроклимат. Рассмотрим действие устройства на примере управление температурой:

Значение с датчика температуры поступает на ПЛК, где обрабатывается и ПЛК подаёт управляющее воздействие на промышленный кондиционер, который включает подачу холодного воздуха или тёплого, где температура и мощность потока воздуха зависит, от поступившего на ПЛК значение.

***Библиографический список:***

1. О.В. Шишов. Программируемые контроллеры и системах промышленной автоматизации. – М.: ИНФРА-М. 2020. – 365 с.
2. ПЛК в автоматике: что это и как выбрать контроллер [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.equipnet.ru/articles/tech/tech\\_54826.html](https://www.equipnet.ru/articles/tech/tech_54826.html), свободный. – Загл. с экрана.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА КОСМИЧЕСКИХ СНИМКАХ В КОНТЕКСТЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

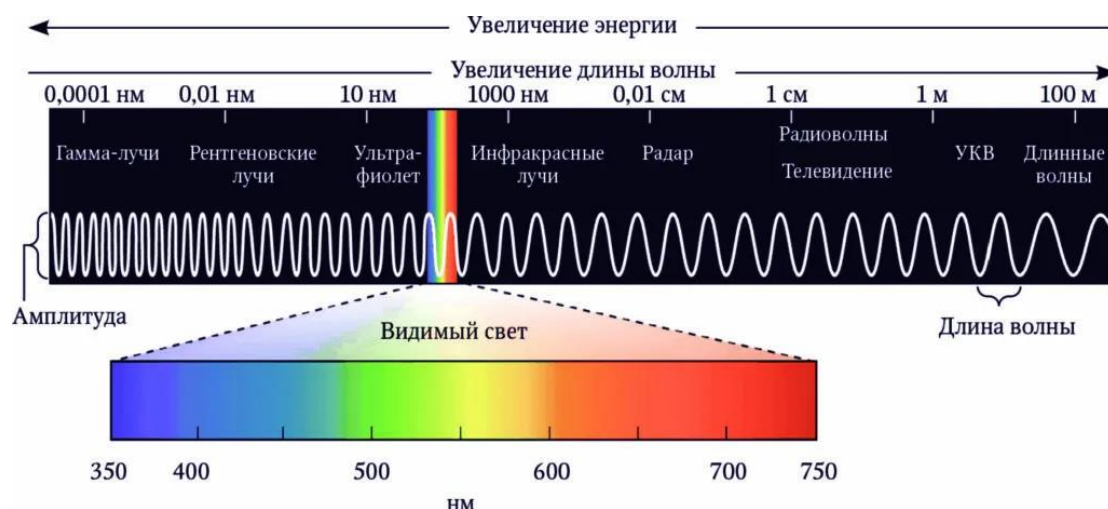
*Сахневич А.С.*

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

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

Данная работа посвящена исследованию и разработке метода автоматического обнаружения объектов на космических снимках и оценка их достоверности в контексте экологического мониторинга.

Методика позволяет оператору обнаружить объекты интереса и оценить достоверность обнаружения.



**Рис. 1. Спектр электромагнитного излучения с подробным диапазоном длин волн видимого света**

Мультиспектральная космическая съемка представляет собой метод ДЗЗ, основанный на извлечении информации о характеристиках объектов через анализ их взаимодействия с электромагнитным излучением в различных диапазонах длин волн (рис. 1). Мультиспектральная съемка способна использовать десятки каналов (в отличие от тех же цветных снимков, которые создаются всего на основе трех каналов: красный, зеленый и синий) для извлечения информации о характеристиках объекта на различных длинах волн.

Для проведения мультиспектральной съемки применяется специальная мультиспектральная камера с сенсором, прибором или устройством, способным разделять свет на различные спектры. В процессе съемки на каждый кадр создается монохромное в оттенках серого изображение, и количество этих изображений зависит от числа каналов, доступных в камере. Далее, анализ информации на этих изображениях, осуществляется с использованием геоинформационных программ. Данный этап может включать в себя создание композитов в виде цветных или псевдоцветных изображений или на основе различных индексов, таких как NDVI, NDRE, SAVI, LAI и других.

### **Библиографический список:**

1. Мультиспектральная съемка // [Электронный ресурс]  
URL: <https://innoter.com/articles/multispektralnaya-semka/> .

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ В ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ

**Сидибе Б.А.**

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

**Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»**

Объект исследования- гибридная энергетическая система, включающая солнечную батарею, ветряной генератор и водную турбину. Цель работы- обеспечение энергией объектов, где происходят отключения централизованного энергоснабжения от линий электропередач.

Таблица 1.

*Сравнение возобновляемых источников энергии*

	Солнечная батарея	Ветряной генератор	Водная турбина
Достоинства	Чистая и возобновляемая энергия, низкие затраты на обслуживание	Хорошая выработка энергии в ветреных зонах	Стабильная выработка, высокая энергетическая эффективность
Недотатки	Производительность зависит от погодных условий	Шум, визуальное воздействие, изменчивость ветра	Требуется постоянный источник воды

Автоматизация процессов в возобновляемых источниках энергии повышает эффективность и надежность энергосистем. В данной работе рассматриваются системы управления, включающие солнечную, ветряную и гидроэнергетику.

Рассматривается модель управления по мощности:

$$P = U \cdot I,$$

где  $P$  – мощность,

$U$  – напряжение,

$I$  – сила тока.

Это позволяет подключать резервные источники электроэнергии.

Мощность солнечных батарей зависит от угла падения солнечного света. Мощность ветряного генератора зависит от направления и силы ветра.

Эффективность гидроэлектростанций зависит от колебаний уровня воды и нагрузки сети.

Оригинальность данной работы заключается в разработке комплексного подхода к управлению возобновляемыми энергосистемами. Автоматизация распределения мощности в гибридных системах способствует повышению эффективности и устойчивости энергоснабжения.

### **Библиографический список:**

1. Арутюнян В.М., Григорьев А.И. Автоматизация и управление в возобновляемой энергетике. – М.: Наука, 2015.
2. Павлов А.Н., Климов Ю.С. Оптимизация управления гибридными энергетическими системами. 2019.

## 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 современных протоколов промышленной связи. Как показало исследование, стандарт OPC Unified Architecture (OPC UA) действительно является оптимальным выбором для задач мониторинга, поскольку обеспечивает надежную защиту данных, легко масштабируется и поддерживает сложные информационные модели.

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

Ключевыми компонентами системы являются:

- Node-RED - удобный инструмент для визуального программирования потоков данных в IoT-системах. Его drag-and-drop интерфейс значительно упрощает подключение к OPC UA-серверу и настройку взаимодействия с промышленным оборудованием.
- Grafana - мощная платформа для визуализации данных, которая позволяет создавать информативные дашборды, анализировать данные в реальном времени и изучать исторические показатели.

Разработанное решение имеет модульную архитектуру на базе CODESYS, Node-RED и Grafana, 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. Grafana Labs / [Электронный ресурс] // Grafana : [сайт]. – URL: <https://grafana.com/>.
4. Unified Architecture – Landingpage / [Электронный ресурс] // OPCfoundation : [сайт]. – URL: <https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/>.

## 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 кармана 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 внешнего контура обрабатываемого кармана.

Для разработки программы будет 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, какие типы фигур могут содержаться в формате векторной графики «SVG» и каким образом их можно обрабатывать при помощи языка ISO-7bit:

1. Элементы «Линия», «Ломаная линия», «Прямоугольник» и «Многоугольник» могут обрабатываться при помощи команд линейной интерполяции, «G01»;

2. Элемент «Окружность» может обрабатываться при помощи команд круговой интерполяции «G02» и «G03»;

3. Элементы «Эллипс» и «Кривая Безье» могут обрабатываться при помощи команд сплайновой интерполяции, поддерживаемых СЧПУ «АксиОМА Контрол».

### **Библиографический список:**

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

## РАСШИРЕНИЕ И ВАЛИДАЦИЯ МАШИННЫХ ПАРАМЕТРОВ СЧПУ «АКСИОМА КОНТРОЛЬ»

**Солдатов А.Ю.**

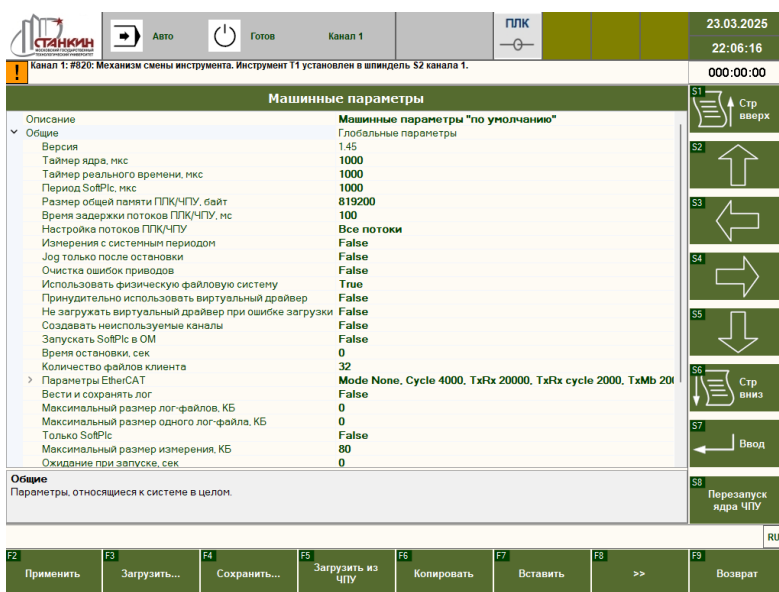
**Научный руководитель: Пушков Р.Л. – к.т.н., доцент**

**Кафедра компьютерных системы управления МГТУ «СТАНКИН»**

Настройка машинных параметров на системах с числовым программным управлением (ЧПУ) играет важную роль в обеспечении эффективной и безопасной работы оборудования. Прежде всего, корректно подобранные параметры позволяют повысить точность обработки, минимизируя отклонения в размерах и геометрии деталей.

Корректно настроенные параметры оказывают влияние на продление срока службы оборудования. Избежание избыточных нагрузок на узлы и механизмы станка снижает износ и вероятность поломок, что сокращает затраты на ремонт и обслуживание. Кроме того, это ведёт к экономии ресурсов, таких как электроэнергия и расходные материалы, что повышает рентабельность производства.

Также стоит учитывать, что корректность настройки машинных параметров влияет на безопасность работы. Несоответствующая настройка параметров может привести к аварийным ситуациям или поломкам оборудования, что ставит под угрозу как сам станок, так и оператора. Оптимальные настройки обеспечивают безопасные условия эксплуатации и стабильность производственного процесса, минимизируя количество получаемого брака.



**Рис. 1. Текущая реализация машинных параметров в СЧПУ «АксиОМА Контроль»**

Цель работы заключается в необходимости изменения текущей структуры отображения машинных параметров, в виду того, что текущая структура представляет собой сложную иерархию, разделённую на множество групп (общие параметры, порты, оси, приводы и другие). Подобная реализация затрудняет поиск и настройку конкретных параметров, особенно для новых пользователей системы. Кроме того, большинство параметров требуют перезапуска системы для применения изменений, что ограничивает возможность конфигурирования системы в реальном времени. Более гибкая система организации машинных параметров позволит повысить оперативность управления системой.

### **Библиографический список:**

1. Система ЧПУ «АксиОМА Контроль» Руководство по вводу в эксплуатацию (Рабочая версия 1.1.04), 2020.

## РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ БИБЛИОТЕК АВИАСТРОЕНИЯ В T-FLEX CAD

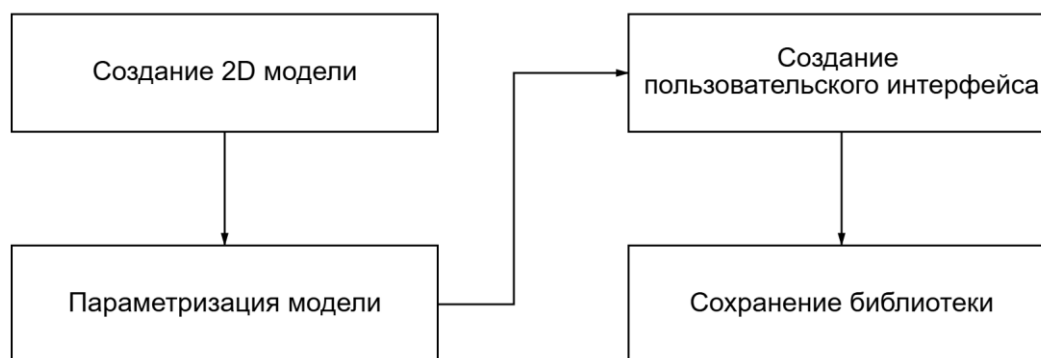
*Степаненко К.В.*

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

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

Без применения параметрических библиотек проектирование изделий авиастроения в T-FLEX CAD крайне затруднительно, так как требует создания большого количества стандартных деталей, которые используются при проектировании.

Создание библиотек стандартных элементов в T-FLEX CAD позволяет: сократить время разработки благодаря повторному использованию заранее созданных компонентов, обеспечить соответствие стандартам, поскольку элементы библиотеки разрабатываются в соответствии с ОСТ и ГОСТ и стандартизировать рабочие процессы. Библиотеки предназначены для хранения часто используемых деталей и узлов, таких как болты, гайки, шайбы, заклепки, винты и другие компоненты.



**Рис.1. Схема создания библиотечного элемента**

### ***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: 29.03.2025).
2. Справка по T-FLEX CAD 17 // T-FLEX CAD URL: <https://www.tflexcad.ru/help/cad/17/> (дата обращения: 29.03.2025).

## ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КРОССПЛАТФОРМЕННОГО ИНТЕРФЕЙСА РЕДАКТОРА СОФТПЛК СЧПУ «АКСИОМА КОНТРОЛ»

*Строев А.Е.*

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

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

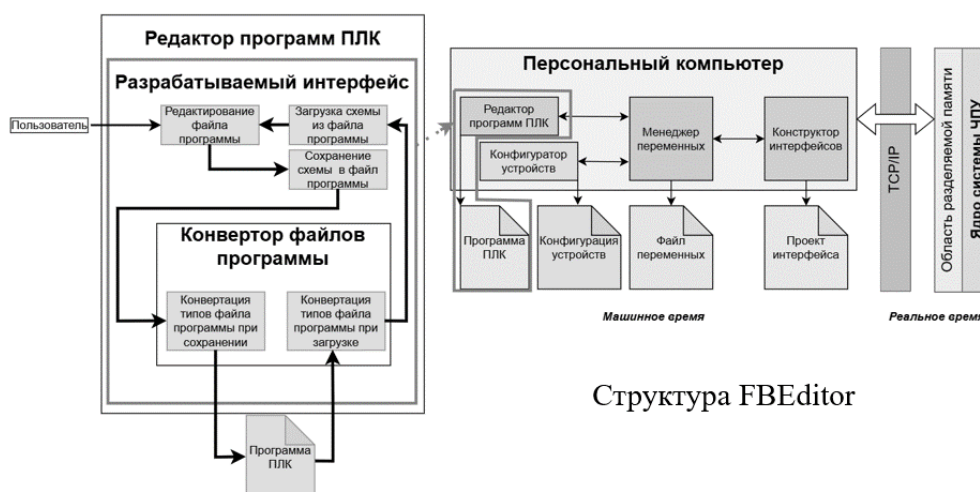
Данная работа представляет собой исследование концепта такого вида приложений, как FBD-редактор системы ЧПУ «АксиОМА Контрол». Под концептом подразумевается непосредственная идея, заложенная в приложение такого вида. Также в работе была учтена проблема отсутствия у модернизируемого программного обеспечения свойства кроссплатформенности.

В качестве анализируемых решений, кроме уже упомянутого выше редактора, встроенного в систему ЧПУ «АксиОМА Контрол» под названием FEditor были также рассмотрены такие решения, как программный комплекс CODESYS, пакет настройки ПЛК Simatic Step 7 и интегрированная среда разработки TIA Portal. Ключевым условием выбора программных средств для анализа была возможность использования выбранного ПО для построения диаграмм на языке программирования FBD.

На основе анализа решений была разработана методика построения настраиваемого кроссплатформенного редактора СофтПЛК системы ЧПУ АксиОМА Контрол с модульной архитектурой и возможностью расширения набора функциональных блоков без перекомпиляции.

Вопрос кроссплатформенности рассматривался и решался с учётом того, что ПО, работающее только на одной ОС, существенно уступает кроссплатформенному по охвату пользователей.

В качестве реализации методики был разработан интерфейс, использующий в себе идеи PLCopen для сохранения и загрузки FBD элементов и схем в виде XML разметки и отвечающий требованиям к кроссплатформенности, благодаря средствам фреймворка Avalonia UI.



**Рис. 1. Структурная схема разрабатываемого программного обеспечения**

### *Библиографический список:*

1. Avalonia documentation [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.avaloniaui.net/>
2. Technical Paper PLCopen Technical Committee 6 XML Formats for IEC 61131-3 Version 2.01 – Official Release [Электронный ресурс]. URL: [https://plcopen.org/system/files/downloads/tc6\\_xml\\_v201\\_technical\\_doc.pdf](https://plcopen.org/system/files/downloads/tc6_xml_v201_technical_doc.pdf).

## ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ЭКСТРУЗИОННОГО ФОРМОВАНИЯ

*Сухомлинов Д.А.*

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

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

В современном мире полимеры являются одними из наиболее востребованных в различных отраслях экономики материалами, представляя собой универсальную категорию с уникальными механическими свойствами. Экструзионное формование выступает особо популярным методом изготовления изделий из пластика, ввиду возможности непрерывного получения большого объема длинных изделий простой формы за низкую стоимость.

Одним из ключевых параметров процесса выступает температура зон экструдера. Если она недостаточна, материал может не достичь нужной вязкости, что затруднит процесс экструзии. С другой стороны, чрезмерный нагрев может вызвать перегрев и деградацию материала, что негативно скажется на его свойствах и приведёт к браку. Следовательно, возникает задача формирования качественного регулятора температуры нагревателей, так как это не только улучшит качество продукции, повысит гибкость установки за счет возможности перенастройки на новое сырье, но и поспособствует повышению эффективности всего производственного процесса.

Проведено множество исследований, которые определили математическую модель экструдера для регулирования его параметров, а также выявили, что высокое качество регулирования показывает ПИД-регулятор. Однако ввиду того, что процесс экструзии, в особенности нагрев сырья, обладает временными задержками, существенными нелинейностями, значительными помехами и требует настройки под определенный экструдер, в реальных условиях ПИД-контроллер может не обеспечить качественного управления.

Ввиду описанных выше недостатков требуется подобрать новый тип регулятора для качественного управления температурой. Из-за сложностей процесса экструзии и требования к приспособлению к новым условиям наиболее подходящей стратегией становится адаптивное управление на основе нейросетей. В качестве архитектуры нейроуправления наиболее применимой выступает ПИД-нейроконтроллер с самонастройкой, так как в случае этого решения удастся параллельно проводить обучение нейросети и регулирование параметра, а также устранить основные недостатки ПИД-регулятора. Для того, чтобы избежать проблем перенастройки данной схемы на различных экструзионных установках следует также дополнять сеть нейроэмулятором и использовать единую многослойную сеть прямого распространения из эмулятора и нейроконтроллера.

### ***Библиографический список:***

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

## АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ И ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТИКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

*Талтыкин А.В.*

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

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

В данной работе рассматриваются актуальные проблемы автоматизации конвейерных линий по переработке пластиковых изделий на машиностроительных предприятиях и предлагаются эффективные пути их решения. В современных условиях производства особую важность приобретают вопросы повышения надежности оборудования, снижения эксплуатационных затрат и обеспечения гибкости технологических процессов. Особое внимание уделяется анализу типичных недостатков существующих систем автоматизации, включая низкую отказоустойчивость оборудования, сложности интеграции новых компонентов, высокие затраты на техническое обслуживание и ограниченные возможности масштабирования производственных мощностей.

В качестве оптимального решения предлагается комплексный подход к модернизации конвейерных линий, основанный на применении современных технических средств автоматизации. В исследовании подробно рассматривается возможность замены устаревших компонентов на модули ввода-вывода серии LS, работающие по протоколу Wellbus, в сочетании с программируемым логическим контроллером AX-3000 от компании Decowell. Особый акцент делается на преимуществах данного решения, включая высокую надежность связи, простоту интеграции в существующие производственные системы, снижение затрат на обслуживание и возможность поэтапной модернизации без остановки производства.

Проведенный анализ включает детальное рассмотрение технических характеристик предлагаемого оборудования, особенностей его работы в условиях реального производства по сравнению с его аналогами. Полученные результаты имеют существенную практическую ценность для предприятий, сталкивающихся с необходимостью модернизации производственного оборудования. Предложенные решения позволяют достичь значительного повышения эффективности производства при относительно небольших капиталовложениях, что особенно важно в условиях конкурентной рыночной среды.

### ***Библиографический список:***

1. AX-3000 Series Motion Controller [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ipc2u.ru/catalog/ax-3000/>, свободный (26.02.2025).
2. LS-PN Series User Manual [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.wellinkio.com/download?page=6> свободный (25.12.2024).

## РАЗРАБОТКА НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ МОБИЛЬНОГО КОЛЕСНОГО РОБОТА

*Тангиев А.Б.*

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

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

На сегодняшний день одной из основных проблем, связанной с нейросетевыми подходами, является обучение сети. Сбор достаточных, но ценных образцов из окружающей среды для обучения сети может быть неприятным и отнимать очень много времени. В любом алгоритме навигации по нейронной сети, если изменены платформа робота, тип или количество датчиков архитектура сети требует изменений для адаптации к новому объему данных датчиков. Кроме того, необходимо собрать новые обучающие образцы, поскольку предыдущие не будут полезны для новой платформы робота.

Следовательно, возникает задача: решение проблемы многократного обучения сети. Причем главной задачей является не разработка нового метода обучения или улучшение старых, а создание общего метода интерпретации данных от различных типов датчиков. Этот подход можно использовать для различных двумерных датчиков и роботов, а обучить нейронную сеть использую лишь один из них, что существенно сократит время обучения.

Для решения данной задачи нам нужно иметь глобальный алгоритм, в котором сенсорные данные должны интерпретироваться таким образом, чтобы одно и то же количество входных блоков для сети могло быть извлечено для разных типов или количества датчиков. Для этого будем представлять данные в виде двоичной картины. Отсюда возникает проблема переизбытка входных данных, что неизбежно приведет к увеличению времени обучения. Использование методов извлечения главных компонентов поможет устранить переизбыток данных, выделив из них основные, тем самым сократив количество входных данных в несколько десятков раз.

Для решения проблемы навигации назначим различные многослойные нейронные сети для решения каждой из навигационных задач – поиска цели, уклонения от объекта и следования за стеной. При этом для сокращения структуры алгоритма объединим поиск цели и уклонение от объекта в одну сеть. Задача следования за стеной требует более сложной конструкции для приспособления к обоим направлениям вращения, в связи с чем разделим её на две сети.

В результате, мы получим общий алгоритм интерпретации различных типов датчиков, таких как лазерный дальномер и ультразвуковые датчики, а также разработаем систему навигации мобильных роботов, использующая эти интерпретации. Данный подход позволит избежать ненужных периодов обучения и необходимости сбора обучающих выборок для различных типов датчиков, что даст значительные результаты при меньшем времени обучения и меньших затратах на датчики.

### ***Библиографический список:***

1. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. 2 изд. – М.: ООО «И. Д. Вильямс», 2006. – 524 с.
2. D. Janglová, “Neural Networks in Mobile Robot Motion”, *Advanced Robotic*, vol. 1, 2004, pp. 15-22.
3. M.K. Singh and D.R. Parhi, “Path optimization of a mobile robot using an artificial neural network controller”, *International Journal of Systems Science*, vol. 42, 2011, pp. 107-120.

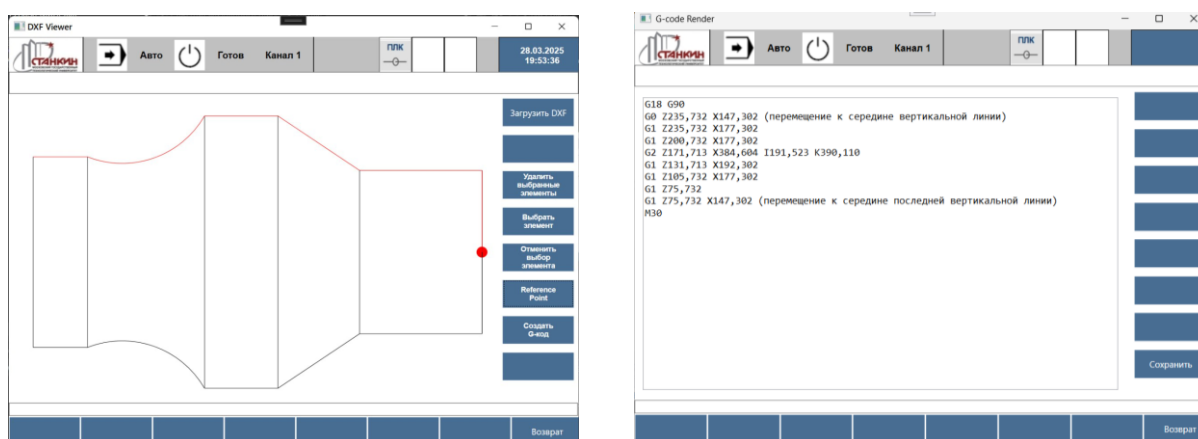
## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ DXF-ЧЕРТЕЖА В G-КОД ДЛЯ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ

*Тараканов А.А.*

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

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

Традиционный подход к созданию G-кода требует от инженера-технолога значительных усилий, связанных с ручным расчетом координат точек контура детали. Ситуация усложняется, если в DXF-чертеже контур задан неявно – с использованием касательных, сопряжений радиусов или иных геометрических зависимостей, что исключает возможность его построения исключительно по набору координат. В таких случаях требуется прорисовка контура в САМ-системе на основе данных чертежа с последующим преобразованием в формат DXF. Разработанная система автоматизирует дальнейший процесс: приложение анализирует полученный DXF-файл, выполняет необходимые вычисления, включая обработку дробных значений, и генерирует готовый G-код, пригодный для использования на токарном станке.



**Рис. 1. Результат работы DXF редактора**

Применение данной системы обеспечивает ряд преимуществ. Во-первых, автоматизация исключает необходимость ручного расчета координат, что значительно сокращает время подготовки управляющих программ. Во-вторых, минимизация человеческого фактора снижает вероятность ошибок, повышая точность и надежность результата.

### ***Библиографический список:***

1. Сосонкин, В.Л. Системы числового программного управления: Учеб. пособие / В.Л. Сосонкин, Г.М. Мартинов – М. Логос, 2005. – 296 с.
2. 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](https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/developer-network/platform-technologies/autocad-dxf-archive/acad_r12_dxf.pdf).

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОВЕРКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ ПТК: «КОМЕГА» НА ОСНОВЕ УЧЕБНОГО СТЕНДА: «АСУ РЕГОР»

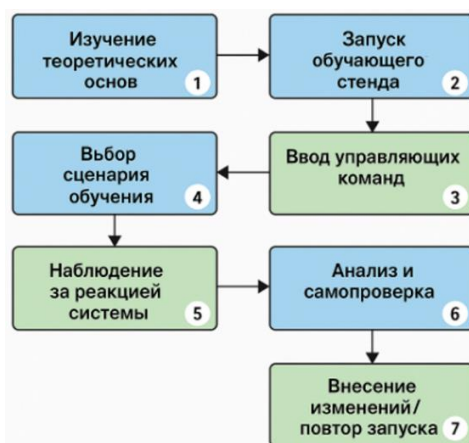
*Тимофеев Д.К.*

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

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

Данная работа посвящена созданию методики проверки работоспособности отечественных контроллеров программно-технического комплекса (далее ПТК) «КОМЕГА», для автоматизации процесса обучения посредством применения учебного стенда, управляющих программ и визуальной работы элементов, работающих в процессе эксплуатации между студентом и учебным стендом. (рис. 1).

Методика состоит из семи этапов, в совокупности, обеспечивающие **комплексное обучение**: от теории и настройки до анализа и оптимизации, формируя у студента реальные компетенции для работы в сфере автоматизированных систем управления.



**Рис.1. Методика проектирования взаимодействия студента с обучающим стендом АСУ РЕГОР (ПТК КОМЕГА)**

Эти семь пунктов представляют собой замкнутый обучающий цикл, в основе которого лежит **алгоритм, реагирующий на внешние изменения**, инициируемые студентом в процессе взаимодействия с обучающим стендом. Студент, начиная с изучения теоретических основ, постепенно погружается в практику – он запускает стенд, выбирает нужный сценарий и переходит к активному управлению системой. Все действия, будь то ввод управляющих сигналов через интерфейс или настройка физических элементов стенда, напрямую влияют на поведение системы.

Ключевой особенностью является то, что **обучающий стенд работает как модель замкнутого регулятора**, реагирующая на внешние воздействия студента. Например, изменяя дифференциальную составляющую ПИД-регулятора с помощью потенциометра, студент тем самым вмешивается в параметры алгоритма регулирования, вызывая изменение отклика системы. Эти изменения сразу же визуализируются через интерфейс ПТК Комега – студент может наблюдать, как система стабилизируется быстрее или начинает колебаться в зависимости от внесённых настроек.

### **Библиографический список:**

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

## ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ ЧПУ С ПРОМЫШЛЕННЫМ РОБОТОМ В РАМКАХ ПОСТРОЕНИЯ ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЯЧЕЕК

*Титов М.Д.*

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

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

В рамках данной работы была разработана методика взаимодействия системы ЧПУ с промышленным роботом в рамках построения гибких производственных ячеек (рисунок 1).



**Рис. 2. Методика взаимодействия системы ЧПУ с промышленным роботом в рамках построения ГПЯ**

Придерживаясь данной методики, была рассмотрена возможность взаимодействия станка с ЧПУ «АксиОМА Контрол» с промышленным роботом.

В ходе работы были выполнены следующие задачи:

- Систематизированы основные команды сообщения между элементами ГПЯ
- Разработан интерфейс взаимодействия ПЛК и промышленного робота
- Разработана пользовательская библиотека для системы ЧПУ на языке высокого уровня
- Разработана пользовательская ПЛК библиотека для взаимодействия ЧПУ с промышленным роботом

В результате проделанной работы была разработана ПЛК программа и проведено тестирование разработанных программных решений.

### **Библиографический список:**

1. Организационно-технические основы гибкого автоматизированного производства: методическое пособие / В.И. Любимов, К.Е. Белявин. – Минск: БНТУ, 2012.
2. Система ЧПУ «АксиОМА Контрол». Расширенное программирование (Версия 1.0.14), Москва, 2022. – 91 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ И 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»*

Станки с ЧПУ, как и любая комплексная система, обладают серьёзным количеством параметров, которые необходимо постоянно отслеживать и корректировать, в случае отклонений от нормы, для правильной работы системы. От корректной работы зависит не только, например, точность и качество обрабатываемого изделия, а также отсутствие поломок и, соответственно, снижение затрат на ремонт. Кроме того, нельзя забывать про безопасность сотрудников предприятия.

Принцип работы разрабатываемого решения следующий: на станке с ЧПУ регулярно проводится серия тестовых программ (без заготовки), во время работы которых, снимаются измерения внутренними средствами измерения станка. Затем, итоговый файл измерений передаётся в программу для анализа. В программе данные преобразуются в числовые характеристики и сохраняются в базе данных. Далее, из накопленных данных строятся графики характеристик. После чего пользователь сможет увидеть на построенных программой графиках, куда идёт линия тренда и, проанализировав её, принять необходимые действия по исправлению проблем, которые привели к отклонению характеристик от нормы (если оно присутствует).

Преимуществом предлагаемого решения является использование внутренних средств измерения станка, которые позволяют минимизировать время простоя станка, а также затраты на стороннее оборудование. В свою очередь, недостатком, является то, что использование только внутренних средств измерения накладывает определённые ограничения на то, какие параметры могут быть измерены и с какой точностью.



**Рис. 1. Структурная схема взаимодействия элементов 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 представлена последовательность шагов взаимодействия пользователя с конфигуратором.

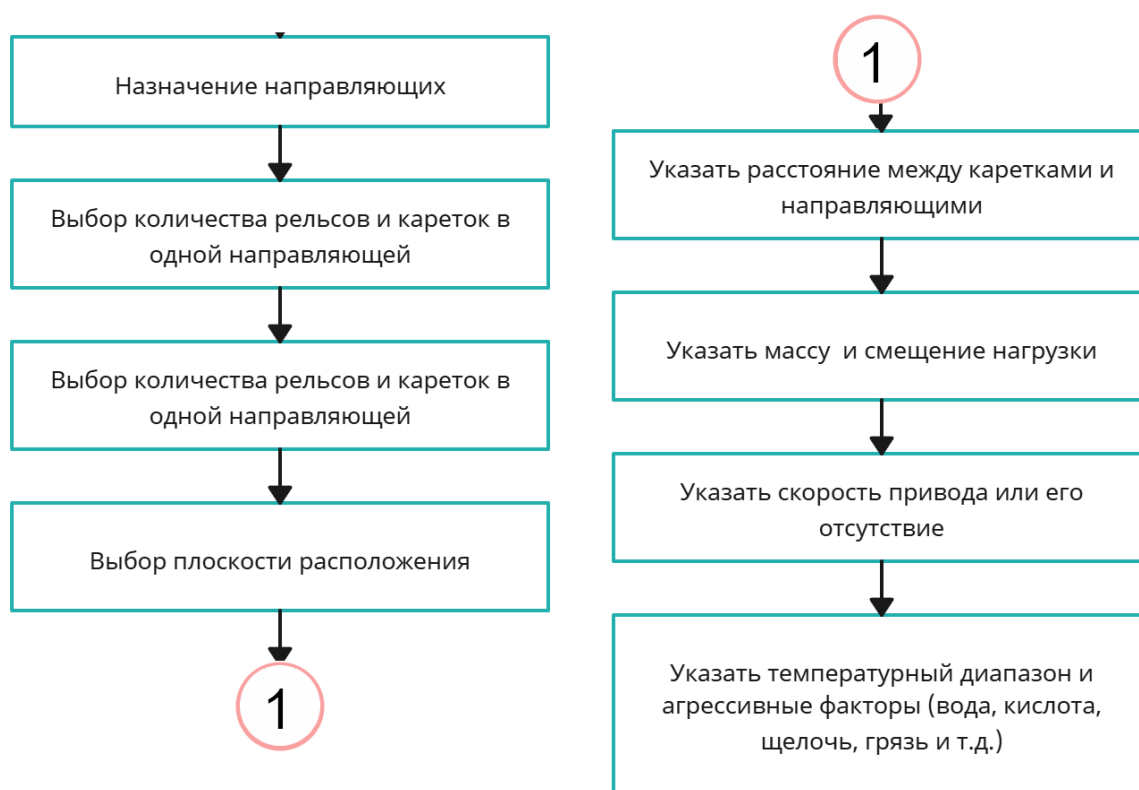


Рис. 1. Последовательность шагов взаимодействия пользователя с конфигуратором

### Библиографический список:

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

## ИНТЕРАКТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ДЛЯ CAD/CAM

*Хамидов Д.А.*

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

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

В современном производственном мире, целью которого является повышение эффективности и точности, интерактивное моделирование с обратной связью становится критическим компонентом в CAD/CAM системах. Оно позволяет не только виртуально визуализировать процесс резания, но и динамически корректировать его параметры в ответ на анализирующую обратную связь.

**Основные понятия**

- Интерактивное моделирование – процесс создания цифровой модели, позволяющей изменять параметры в реальном времени и наблюдать за изменениями результата.
- Процесс резания – один из наиболее сложных этапов в производстве, который включает в себя физическое взаимодействие между инструментом и материалом.
- Обратная связь – информация о выполнении процесса в режиме реального времени, которая используется для корректировки действий.

**Важность интерактивного моделирования**

1. Понимание процесса: Интерактивное моделирование даёт понимание сложным физическим процессам, происходящие во время резания.

2. Оптимизация параметров: Дает возможность в реальном времени корректировать скорость подачи, глубину реза, и другие параметры для оптимизации производственного процесса.

3. Снижение затрат: Сокращает количество брака и износа инструментов, что приводит к уменьшению производственных затрат.

4. Повышение качества: Улучшает качество обработки, обеспечивая более высокую точность и лучшее качество поверхности.

**Технологии и инструменты**

- CAD/CAM системы: Используются для проектирования (CAD) и управления производственными процессами (CAM). Altium, SolidWorks, Siemens NX – это только некоторые из примеров популярного программного обеспечения.
- Интегрированные модули моделирования: Некоторые системы включают мощные инструменты для моделирования взаимодействия материала и инструмента.
- Обработки данных из датчиков: Современные станки оснащены датчиками, которые собирают данные о процессе резания и передают их обратно в систему для анализа.

**Преимущества интерактивных моделей с обратной связью:**

- Улучшенная адаптивность: Системы могут быстро реагировать на изменение условий окружающей среды.
- Время реакции: Позволяет мгновенно вносить изменения в параметры, что требует минимального вмешательства человека.
- Поддержка принятия решений: Более доступная информация позволяет лучше планировать производственный процесс.

**Библиографический список:**

1. Система ЧПУ «АксиОМА Контрол» Расширенное программирование. – М.: МГТУ «СТАНКИН», 2022. – 91 с.
2. Martinova, L., Pushkov, R. and Evstafieva, S. (2019). Extending Functionality of Control System by Adding Contour Building Capabilities. In: 2019 International Russian Automation Conference (RusAutoCon), Sochi, Russia, 2019, pp. 1-5.

## МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ПЛК ПРОГРАММ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

*Черкенов Н.И.*

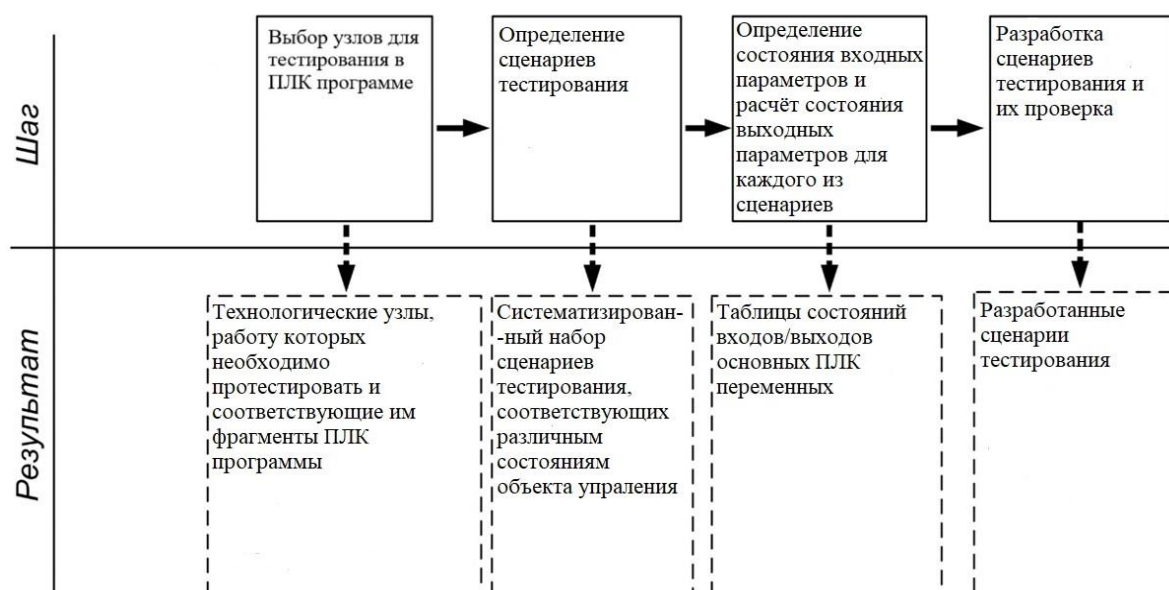
*Научный руководитель: Соколов С.В. – к.т.н., доцент*

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

Как известно в автоматизации широко применяются программируемые логические контроллеры (ПЛК) – устройства со специализированным программным обеспечением, на основе которого происходит управление автоматизированным процессом.

В таком случае, важным шагом, при разработке соответствующего ПО в виде ПЛК программ, является их тестирование. Поскольку наличие ошибок в программе для программируемого логического контроллера может стать причиной аварийных ситуаций. Из сказанного выше, возникает необходимость разработки методики тестирования программ перед их непосредственным использованием. Предложенная в данной работе методика предлагает конкретное решение, основанное на анализе уже существующих и применяющихся методиках тестирования, с учётом их преимуществ и недостатков.

В данной работе предлагается разработанная методика автоматизированного тестирования, разработка же данной методики, включает в себя выполнение шагов, представленных на рис. 1.



**Рис. 1. Методика тестирования**

Основной целью данного подхода является создание методики, которая позволила бы автоматизировать процесс тестирования ПЛК программ. Реализация данной методики потребует разработки программного инструмента.

### **Библиографический список:**

1. Martinov G., Nikishechkin P.A. The Practice of Using a SoftPLC to Control the Electromechanical Units of a Training Turning Machine // 2023 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), Sochi, Russian Federation, 2023, pp. 708-712, doi: 10.1109/ICIEAM57311.2023.10139223.
2. Никищечкин П.А. Программный инструмент поддержки разработки ПЛК-программ для управления и мониторинга устройств электроавтоматики станочного оборудования // Уральский научный вестник. – 2023. – Т. 4, № 9. – С. 79-83. – EDN HOWOVX.

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ВАКУУМНОЙ СТАНЦИЕЙ И ИНТЕГРАЦИЯ С СОВРЕМЕННЫМИ СИСТЕМАМИ МОНИТОРИНГА

*Чуйкин И.Г.*

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

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

Вакуумные станции нашли широкое применение в различных областях промышленности. Во производственных процессах с использованием вакуумных станций необходима стабильная работа оборудования, которую можно обеспечить, используя автоматизированную систему управления.

Автоматизированная система включает функции безопасности, предотвращающие потенциальные опасности и отключающие оборудование при аварийных условиях, что помогает предотвратить повреждение оборудования и защитить персонал. Также автоматизированная система управления позволяет интегрировать вакуумную установку с другими системами управления и мониторинга, такими как SCADA.

Основными элементами аппаратной части такой системы являются: контроллер, датчики, исполнительные механизмы и панель управления. Контроллер (ПЛК) используются для управления процессами и оборудованием. ПЛК обрабатывает входные сигналы от датчиков давления, температуры и потока газа и формирует управляющие сигналы для исполнительных механизмов в виде насосов и клапанов. Для управления и мониторинга состояния используется панель управления. Также важно, чтобы ПЛК поддерживал коммуникационные протоколы и промышленные сети, такие как Modbus, TCP/IP для управления оборудованием и возможности интеграции с другими системами.

Программная часть системы состоит из следующих компонентов: программа для основных функций управления установкой, графический интерфейс для управления и мониторинга, реализация подключения к сторонним системам, такими как SCADA или Grafana. Также основная программа должна включать в себя модуль, отвечающий за безопасность установки т.е. модуль, реализующий аварийную остановку системы.

Алгоритм управления вакуумной станцией состоит из следующих основных шагов: с датчиков поступают данные о состоянии системы, на основании этих данных ПЛК формирует управляющие сигналы на включение/выключение насосов, регулировку их скорости, открытие или закрытие клапанов, также идёт проверка параметров системы на соответствие требуемым безопасным диапазонам и формируется сигнал на аварийное отключение в случае, если параметр системы не входит в этот диапазон.

### ***Библиографический список:***

1. Данилин Б. С. Вакуум и его применение. – М.: Трудрезервиздат, 1958. Серия «Новая техника и передовые методы труда».
2. Капустин, Н.М. 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.

## ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРЕДИКТИВНОГО АНАЛИЗА ОТКАЗОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

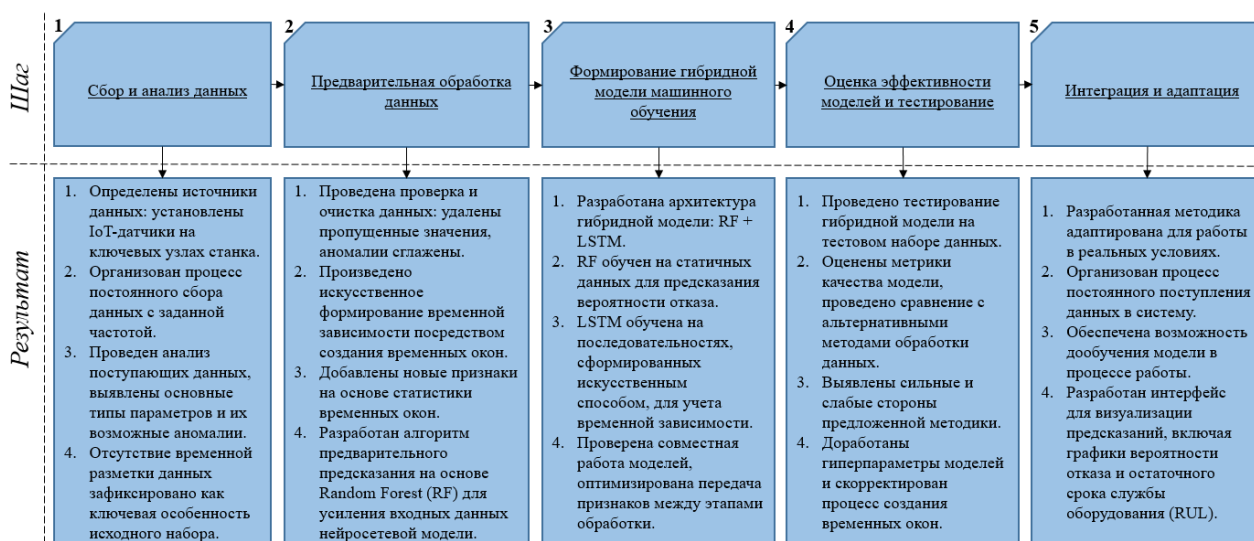
*Шамин С.А.*

*Научный руководитель: Червонова Н.Ю. – ст. преподаватель*

*Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»*

Работа посвящена созданию автоматизированной системы прогнозирования отказа на основе данных производственного оборудования. В ходе работы были проведены анализ области разработки, проектирование системы, разработка методике, и тестирование, разработанной по методике, системы. Ключевой особенностью работы является разработка уникальной методике. В отличие от уже существующих решений в данной области, разработанная методика, позволяет оптимизировать предобработку данных, дополнительно сокращая временные затраты и предоставляя хорошие показатели точности предсказаний.

Разработанная методика представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Разработанная методика прогнозирования отказа производственного оборудования**

Разработанная методика состоит из 5 этапов:

1. Сбор и анализ данных.
2. Предварительная обработка данных.
3. Формирование гибридной модели машинного обучения.
4. Оценка эффективности моделей и тестирование.
5. Интеграция и адаптация.

Применение разработанной методике позволяет обеспечить оптимальный баланс между точностью прогнозирования отказа и затрат времени и ресурсов.

### **Библиографический список:**

1. Сидоров С.С., Николаев Н.Н. Анализ данных в системах предиктивного обслуживания оборудования // Вестник МГТУ «СТАНКИН». – 2018. – № 4. – С. 78–85.
2. API RP 580. Risk-Based Inspection. 2nd ed. API, 2009. 84 p.

**МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПЛК БИБЛИОТЕК  
НА ЯЗЫКЕ FBD ДЛЯ СИСТЕМЫ ЧПУ «АКСИОМА КОНТРОЛЬ»**

**Шемякин А.О.**

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

**Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»**

Цель данного исследования заключается в разработке инновационной методики создания специализированных ПЛК библиотек на языке функциональных блоков (FBD) для современной системы числового программного управления “АксиОМА Контроль”. Актуальность данного исследования обусловлена растущей потребностью в оптимизации процессов программирования промышленного оборудования и повышении эффективности разработки управляющих программ.

Предлагаемая методика представляет собой комплексный алгоритм, который позволяет систематизировать и упорядочить процесс разработки специализированных библиотек при использовании профессионального программного обеспечения АxiOMA Control FBEditor. Данный редактор, разработанный МГТУ Станкин, является ключевым инструментом в процессе создания управляющих программ для различного промышленного оборудования.

В рамках исследования особое внимание уделяется интеграции с SOFT PLC - программным симулятором программируемого логического контроллера, который обеспечивает возможность тестирования разработанных библиотек в виртуальной среде перед их непосредственным внедрением в производственный процесс. Важным компонентом методики является использование испытательного стенда, полностью совместимого с системой ЧПУ “АксиОМА Контроль”, что позволяет проводить полноценную отладку и верификацию разработанных библиотек.

Разработанная методика включает в себя следующие ключевые этапы:

1. Определить функционал разрабатываемой библиотеки
2. Собрать/подобрать готовый стенд для отладки разрабатываемой программы
3. Разработать программу для теста работоспособности всех компонентов системы
4. Протестировать работоспособность системы при помощи тестовой программы
5. Разработать саму библиотеку
6. Разработать программу, тестирующую функции библиотеки
7. Протестировать библиотеку на стенде

**Библиографический список:**

1. Никищечкин А.П. Анализ и синтез релейно-контактных схем: учебное пособие по дисциплине “Электротехника и электроника”. – М.: МИИТ, 2011. – 97 с.
2. Митин Г.П., Хазанова О.В. Системы автоматизации с использованием программируемых логических контроллеров: учебное пособие. – М.: ИЦ МГТУ “Станкин”, 2005. – 136 с.
3. Никищечкин А.П., Гуаньшань Юэ, Юйхань Инь. Рекомендации по выбоу генерирующих соотношений в планах дробного фактора эксперимента // Вопросы науки. Научно-практический журнал. – 2022. – №2. – С. 7–13.
4. Юдицкий С.А., Магерут В.З. Логическое управление дискретными процессами. Модели, анализ, синтез. – М.: Машиностроение, 1987. – 176 с., ил.
5. Юдицкий С.А., Тагаев А.А., Ефремов Т.К. Проектирование дискретных систем автоматизи. – М.: Машиностроение, 1980.

**РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ЛИСТОГИБОЧНЫМ ПРЕССОМ НА БАЗЕ ПЛК**

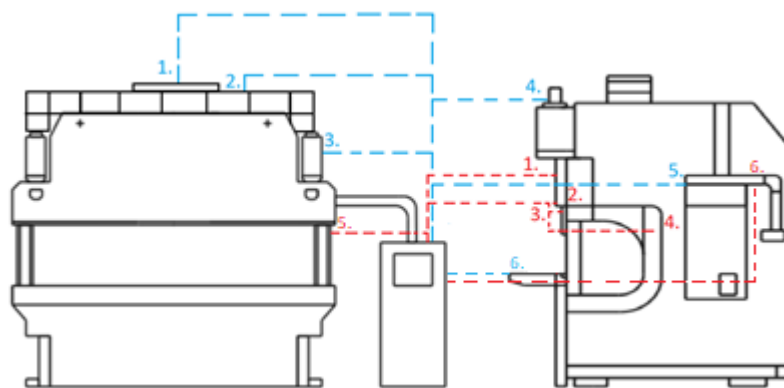
**Ющенко М.В.**

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

**Кафедра компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН»**

Данная работа посвящена проектированию и созданию автоматизированной системы управления листогибочным прессом на базе программируемого логического контроллера (ПЛК) с целью повышения эффективности и точности процесса гибки. С наступлением информационной эпохи ПЛК вдохнули жизнь в листогибочные машины, открыв новые горизонты для их автоматизации. Основными задачами, решаемыми в работе, являются: разработка алгоритма управления, интеграция датчиков и механизмов для контроля процесса гибки, а также обеспечение мониторинга состояния оборудования в реальном времени.

Для выбора оборудования был проведен анализ функциональных возможностей ПЛК различных производителей: ОВЕН, Allen-Bradley, Omron и Siemens. По результатам анализа, предпочтение было отдано ПЛК ОВЕН, благодаря наличию у данного контроллера широкого спектра компонентов, предназначенных для работы с листогибочным прессом.



**Рис. 1. Структурная схема листогибочного пресса**

Структурная схема предлагаемой системы автоматизации листогибочного пресса представлена на рис. 1. Основными компонентами системы являются: электромеханические приводы (1, 4); датчики давления (2); датчики положения (3); электромеханические захваты (5); системы передачи данных (6). Вспомогательные: системы диагностики (1); охладители (2), гидравлические цилиндры (3), гидравлические насосы (4), распределительные щиты (5), защитные ограждения и сканеры (6).

**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. Мустаева А.Ф. Сравнительный анализ рыночных моделей ПЛК // Вестник науки. – 2020. – № 1. – С. 22.

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТИПОВ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО РОБОТА ПО ДАННЫМ СТЗ**

*Белолипецкий А.А.*

*Научный руководитель: Собольников С.А. – к.т.н., доцент*

*Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»*

Мобильная робототехника на сегодняшний день находит все большее применение в отраслях, где вмешательство человека может быть сопряжено с рисками, например, ликвидация чрезвычайных ситуаций. Аварийно-спасательные роботы должны обладать высокой степенью автономности и способностью работать в недетерминированных средах. Разработка методов построения карты местности и локализации становится актуальной задачей.

В случае работы автономного робота на открытых пространствах с заранее неизвестной моделью среды, крайне важно, чтобы робот мог в реальном времени определять степень проходимости участков местности, по которой он движется. Для этого могут быть использованы видеокамеры и ЛИДАРЫ. При этом важной задачей является комплексная обработка данных, поступающих с этих датчиков, а также их правильная интерпретация.

В ходе решения задачи был проведен анализ методов обработки изображений. Посредством анализа было принято решение об использовании методов машинного обучения и семантической сегментации для разбиения изображений на фрагменты, соответствующие различным объектам. Была выбрана архитектура DeeplabV3plus для работы семантической сегментации. Были проведены тесты с предобученными весами и начато обучение модели на собранном наборе данных.

Разработано ПО для комплексирования данных и проведена калибровка лидара относительно камеры. Реализовано наложение сегментированных классов на карту местности и проведено экспериментальное исследование с использованием системы в составе мобильного робота.

***Библиографический список:***

1. Семантическая сегментация изображений в проекте «Duckietown». – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/semanticheskaya-segmentatsiya-izobrazheniy-v-proekte-duckietown> (дата обращения: 12.12.2023). – Текст: электронный.
2. Sparse-to-Dense: Depth Prediction from Sparse Depth Samples and a Single Image Fangchang Ma1 and Sertac Karaman1. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/320014368\\_Sparse-to-Dense\\_Depth\\_Prediction\\_from\\_Sparse\\_Depth\\_Samples\\_and\\_a\\_Single\\_Image](https://www.researchgate.net/publication/320014368_Sparse-to-Dense_Depth_Prediction_from_Sparse_Depth_Samples_and_a_Single_Image) (дата обращения: 12.12.2023). – Текст: электронный.
3. Многослойные карты проходимости для обеспечения автоматизации управления движением наземных мобильных платформ / Р.Ю. Добрецов, В.А. Соколова, С.И. Затенко.

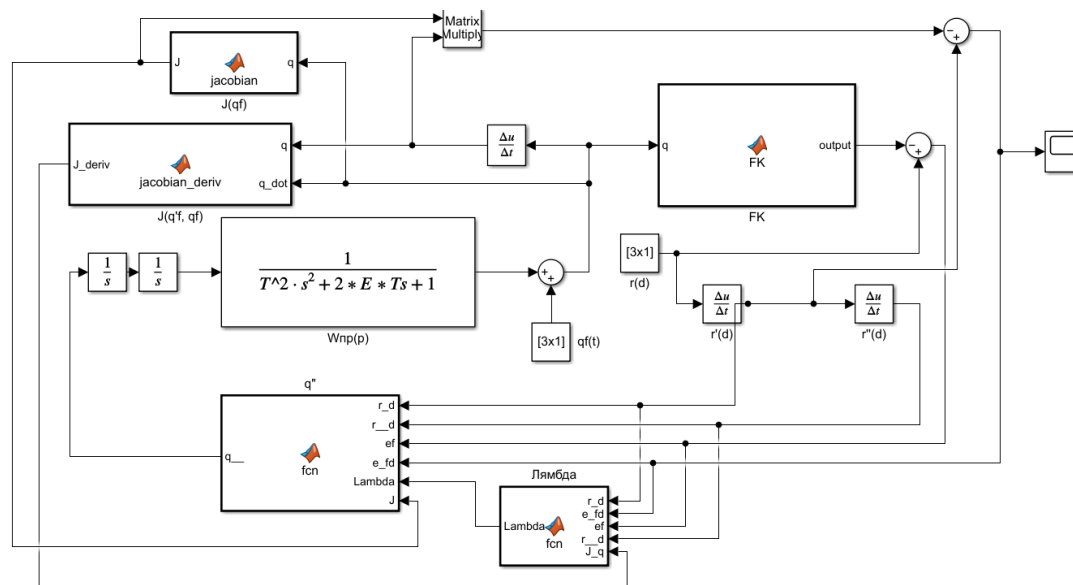
## ОПЕРАТИВНЫЙ СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ РОБОТА

**Болдырев В.Н.**

**Научный руководитель: Стебулянин М.М. – д.т.н., профессор  
Кафедра робототехника и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»**

В докладе рассматривается способ формирования траектории манипуляционного робота, предназначенный для работы в условиях недетерминированной среды. Алгоритм позволяет оперативно формировать программу движения манипулятора без необходимости многократного решения обратной задачи кинематики, что особенно актуально для задач преследования движущихся объектов, таких как разгрузка конвейера с произвольной ориентацией деталей.

Основу алгоритма составляет уравнение управления ошибкой положения и ориентации рабочего органа, представленное в виде модели колебательного звена. Параметры управления, включая угловую частоту  $\lambda$ , настраиваются динамически для обеспечения монотонного убывания ошибки и минимизации времени переходного процесса. Математическое моделирование продемонстрировало эффективность алгоритма при различных значениях  $\lambda$  и условиях работы приводов, включая изменение их динамических характеристик (постоянной времени  $T$ ).



**Рис. 1. Общая структурная схема математической модели**

**Библиографический список:**

1. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического регулирования / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – М.: Наука, 1975. – 254 с.
2. Казмиренко В.Ф., Баранов М.В., Илюхин Ю.В. Автоматизированное проектирование следящих приводов и их элементов; Под ред. В.Ф. Казмиренко. – М.: Энергоавтомиздат, 1984. – 240 с.

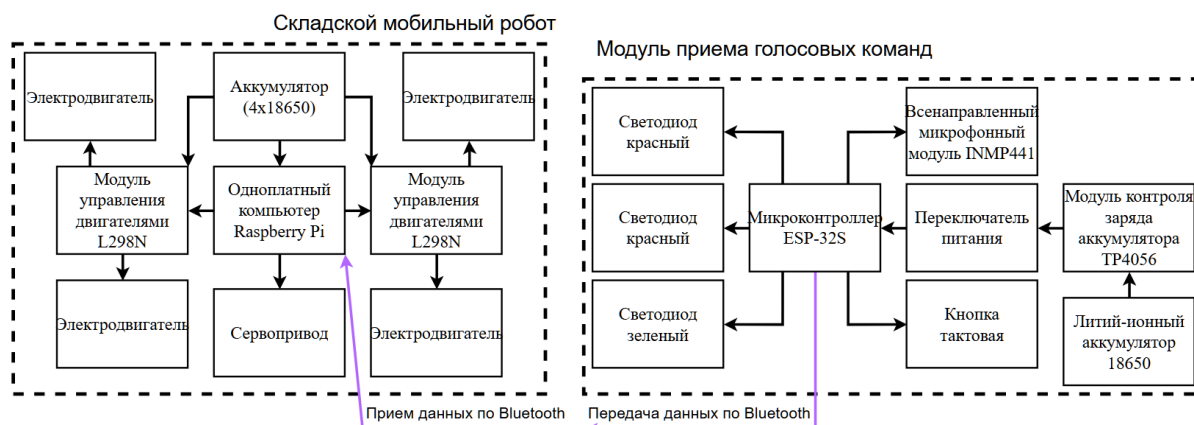
## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОБИЛЬНОГО СКЛАДСКОГО РОБОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГОЛОСОВЫХ КОМАНД ПО BLUETOOTH В УСЛОВИЯХ ЗАШУМЛЁННОГО ПОМЕЩЕНИЯ

*Ермолаев А.С.*

*Научный руководитель: Воротников А.А. – преподаватель*

*Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»*

В настоящее время на фоне бурного развития сфер роботизации и онлайн-торговли актуальным становится вопрос увеличения производительности складов за счет применения там роботов. В данной работе рассмотрен процесс создания системы, состоящей из мобильного складского робота с возможностью захвата объектов, и модуля приема голосовых команд, позволяющего дистанционно управлять роботом.



**Рис. 1. Структурная схема разрабатываемой системы складского мобильного робота с голосовым управлением: модуль приёма голосовых команд и складская мобильная платформа**

Проект включает две основные части: модуль приёма голосовых команд на базе микроконтроллера ESP32 и мобильную роботизированную платформу на базе Raspberry Pi. Модуль приёма оснащён всенаправленным микрофонным модулем (INMP441) и реализует первичную обработку аудиосигнала с подавлением фоновых шумов, посредством конструктивных и программных компонентов. Записанный сигнал передается по Bluetooth на Raspberry Pi, где осуществляется преобразование сигнала в текстовые команды. Далее команды интерпретируются и преобразуются в управляющие сигналы для драйверов электродвигателей на колёсах и на схвате, обеспечивая маневрирование на складе и перенос заданных объектов. Представленная система демонстрирует потенциал использования голосового управления в промышленной автоматизации и логистике.

### **Библиографический список:**

1. Подураев Ю.В. Мехатроника: основы, методы, применение: учеб. пособие для студентов вузов. – 2-е изд. стер. М.: Машиностроение, 2007. – 256 с.: ил. ISBN: 978-5-217-03388-1.
2. Holada M., Pelc M. The Robot Voice-control System with Interactive Learning, New Developments in Robotics Automation and Control / Miroslav Holada, Martin Pelc // InTech – 2008. ISBN: 978-953-7619-20-6.
3. Разработка системы голосового управления роботами на базе CMU SPHINX Toolkit / Р.Ю. Юлдашев, С.Д. Шелудько, В.Ю. Радыгин, А.М. Науменко // Аллея науки. – 2017. – Т. 3, № 10. – С. 827–835.

*Карайкоз Н.В., Чепиков И.А.*

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

*Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»*

Робототехнический комплекс сварки нашёл широкое применение в таких отраслях, как автомобилестроение, машиностроение, судостроение и производство металлоконструкций, обеспечивая повышение производительности, качества сварных швов и безопасности труда. Как и любая технологически сложная система, она подвержена нештатным ситуациям и сбоям. Они возникают из-за различных факторов: технических, программных, человеческих, внешних.

Нештатные ситуации при работе РТК сварки можно разделить на несколько категорий в зависимости от их источника:

- Технические неисправности;
- Программные сбои;
- Ошибки оператор;
- Внешние факторы.

Устранение нештатных ситуаций в работе РТК сварки требует системного подхода. Для устранения и предотвращения таких ситуаций необходимо разработать библиотеку нештатных ситуаций. Для определения нештатной ситуации будут использоваться диагностические датчики.

Таблица 1.

*Примеры нештатных ситуаций и их обработка*

Ситуация	Обнаружение	Реакция
Засорение системы подачи проволоки	Датчик подачи проволоки сигнализирует об отсутствии проволоки	Немедленно остановить, проверить систему
Отказ сварочного источника питания	Датчик сигнализирует о потере напряжения	Немедленно остановить, проверить систему
Колебания температуры	Датчик фиксирует изменение климата	Остановить, уведомить оператора

***Библиографический список:***

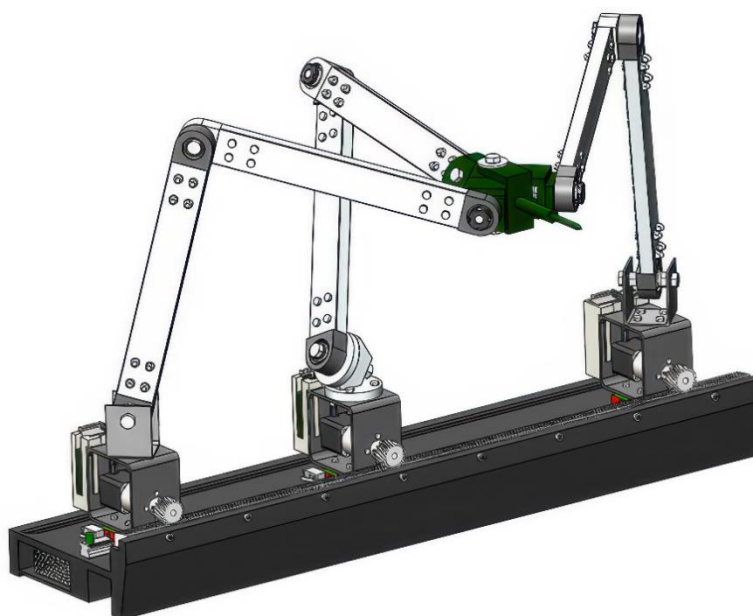
1. Автоматизация: проблемы, идеи, решения [Электронный ресурс]  
[URL:https://www.elibrary.ru/ip\\_restricted.asp?rpage=https%3A%2F%2Fwww%2Eelibrary%2Eru%2Fitem%2Easp%3Fid%3D32505870](https://www.elibrary.ru/ip_restricted.asp?rpage=https%3A%2F%2Fwww%2Eelibrary%2Eru%2Fitem%2Easp%3Fid%3D32505870).

## КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РОБОТА КЛАССА МОНОРЕЛЬСОВЫЙ ТРИПТЕРОН

*Кочин А.Д.*

*Научный руководитель: Стебулянин М.М. – д.т.н., профессор  
Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»*

Развитие робототехнических систем с параллельной кинематикой открывает новые возможности для автоматизации сложных технологических процессов. Монорельсовый триптерон – перспективный механизм (рис. 1) с высокой жёсткостью, точностью и манёвренностью, который может эффективно применяться в промышленности и образовании. Однако успешное внедрение таких устройств требует детального анализа их кинематических характеристик, включая оптимизацию длин звеньев, решение прямой и обратной задач кинематики, а также оценку их погрешностей.



**Рис. 1. Робот класса монорельсовый триптерон**

В рамках исследования проведён кинематический анализ разработанного прототипа монорельсового триптерона. Особое внимание уделено конфигурации устройства, включающей три ротора на едином статоре, что обеспечивает точность позиционирования. Оптимизация длин звеньев позволила минимизировать погрешности и улучшить рабочее пространство. Решены прямая и обратная задачи кинематики, а также выполнена оценка их погрешностей.

Экспериментальная часть подтверждает корректность теоретических расчётов. В ней демонстрируется работа прототипа, показывающая его способность выполнять точные линейные перемещения. Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшей оптимизации конструкции и её применения в ремонтных работах и учебных лабораториях.

### ***Библиографический список:***

1. Глазунов В.А., Чунихин А.Ю. Развитие механизмов параллельной структуры // Проблемы машиностроения и надёжности машин. – 2014. – № 3. – С. 37–43.
2. Zhang D., Gao Z. Performance Analysis of Parallel Manipulators // Mechanism and Machine Theory. – 2006. – Vol. 41, Issue 1. – P. 1–16.

## ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ РЕШЕНИЙ ПО РАБОТЕ С МЕДИЦИНСКОЙ ДЕНСИТОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ В КОНТЕКСТЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

**Куликов Ю.Н.**

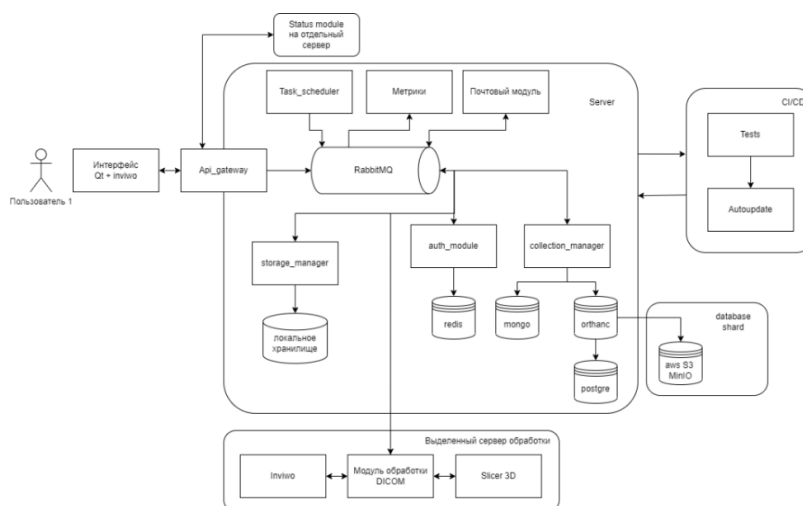
**Научный руководитель: Климов Д.Д. – к.т.н., доцент**

**Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»**

Современные тенденции развития медицинских систем указывают на необходимость использования методов и подходов, ориентированных на работу с большими данными. Огромные потоки данных подталкивают разработчиков к формированию программ для сбора и обработки данных. Подобные программы привносят новые направления в изучении медицинских данных, позволят составлять статистическую информацию.

Основным источником информации для врачей в современной медицине являются неинвазивные методы исследования, такие как рентгенограмма, компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография или ультразвуковое исследование. Все перечисленные подходы создают специализированные медицинские изображения, которые используются врачами для выставления диагнозов и дальнейшего лечения. В случае КТ результатом является трехмерная воксельная модель. Такой формат изображений отлично подходит для изучения заболеваний, но его тяжело использовать в контексте больших данных. Для решения этой проблемы специалисты разрабатывают специализированные системы и алгоритмы, которые могут обрабатывать трехмерные воксельные данные, для получения из них необходимых показателей. Зачастую такие системы специализируются на определенной задаче, например, выявление опухолей на изображениях.

В результате изучения современных решений была составлена структурная схема системы (рис. 1) по работе с большими данными и медицинскими изображениями. Такая система может служить для комплексного сбора данных по определению требований к медицинским роботизированным системам.



**Рис. 1. Структурная схема системы по работе с большими данными и медицинскими изображениями**

### **Библиографический список:**

1. Yi T. et al. DICOM image analysis and archive (DIANA): An open-source system for clinical AI applications //Journal of Digital Imaging. – 2021. – Т. 34. – С. 1405–1413.
2. Caprara S. et al. Bone density optimized pedicle screw instrumentation improves screw pull-out force in lumbar vertebrae //Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering. – 2022. – Т. 25. – №. 4. – С. 464–474.

---

**МЕХАТРОННОЕ УСТРОЙСТВО НАМОТКИ ИЗДЕЛИЙ КОМПОЗИЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ**

**Курбатов В.К.**

**Научный руководитель: Ковальский В.М. – ст. преподаватель  
Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»**

Мехатронное устройство намотки изделий композиционными материалами цилиндрической формы – это малогабаритный настольный намоточный станок, который позволяет изготавливать изделия цилиндрической и сложной формы. Обычно подобные станки имеют большие размеры и высокую стоимость, что исключает возможность их использования в некоммерческих целях. Данное устройство призвано закрыть эту нишу, раскрывая новые возможности для использования изделий из композиционных материалов.

Мехатронное устройство имеет четыре степени подвижности, что позволяет повысить точность, а также число возможных схем намотки материала, придавая конечным изделиям различные свойства.



**Рис. 1. Прототип мехатронного устройства намотки**

**Библиографический список:**

1. Materialstoday: proceedings: Design and analysis of filament winding machine for cylinder manufacturing process using glass fiber composite / Rahmad Kuncoro Adi, Sukanta Das, Muhammad Akhsin Muflikhun // ScienceDirect – 2022 – Vol 66, Part 5, Pages 2904-2907.
2. Winding pattern design of composite cylinders considering the effect of fiber stacking / Yuchen Dai, Chuanxiang Zheng, JiaoLin, Yangtao Liu, Dawei Wang, Jinjie Lu // Composites Part B: Engineering: ScienceDirect. – 2024. – Vol 275.

## УЧЕБНЫЙ МЕХАТРОННЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕНСОРНЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ РОБОТОВ

**Майоров В.В.**

**Научный руководитель: Андреев В.П. – д.т.н., профессор  
Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»**

В процессе обучения студентов в области робототехники требуется развить у учащихся практические навыки работы с различными компонентами сенсорных и управляющих систем роботов, а также навыки программирования микроконтроллеров с целью организации программного управления робототехническими устройствами.

Существующие наборы оборудования [1, 2], как правило, представляют собой концепции или отдельные элементы мехатронных устройств для изучения. Необходимо решение, конструктивно объединяющее практическое изучение различных компонентов сенсорных и управляющих систем, а также методов их программного взаимодействия.

В рамках поставленной задачи создано 3 учебных мехатронных стенда (см. рис.1) с электромеханическими и электронными компонентами. Каждый включает различные датчики (УЗ- и ИК- датчики расстояния, датчик тока, концевые датчики, энкодеры и др.), различные типы электродвигателей, линейный привод с двигателем постоянного тока (ДПТ), а также микроконтроллер Arduino. Стенд позволяет организовать обучение студентов программному управлению всеми компонентами. Для стенда разработаны методические пособия, включающие методики управления внешними устройствами от микроконтроллера и полуавтоматическую калибровку УЗ- и ИК- датчиков расстояния.



**Рис. 1. Учебный мехатронный стенд**

### **Библиографический список:**

1. Мехатронные устройства роботов [Электронный ресурс] : метод. рек. к лаб. работам для студентов / сост. А. С. Коваль. - Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2018. - 35с. – Режим доступа: <http://e.biblio.bru.by/handle/12121212/6779> (дата обращения 31.08.2024г.).
2. Осипова П., Антипин М.Е. Концепция лабораторного стенда для изучения робототехнических датчиков // Журнал «Научный лидер», 2020. №2 (2). URL: <https://scilead.ru/article/36-kontseptsiya-laboratornogo-stenda-dlya-izucheni> (дата обращения 31.08.2024г.).

## ШЕСТИСТЕПЕННОЙ РОБОТ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ НА ДВУХ РЕЛЬСАХ

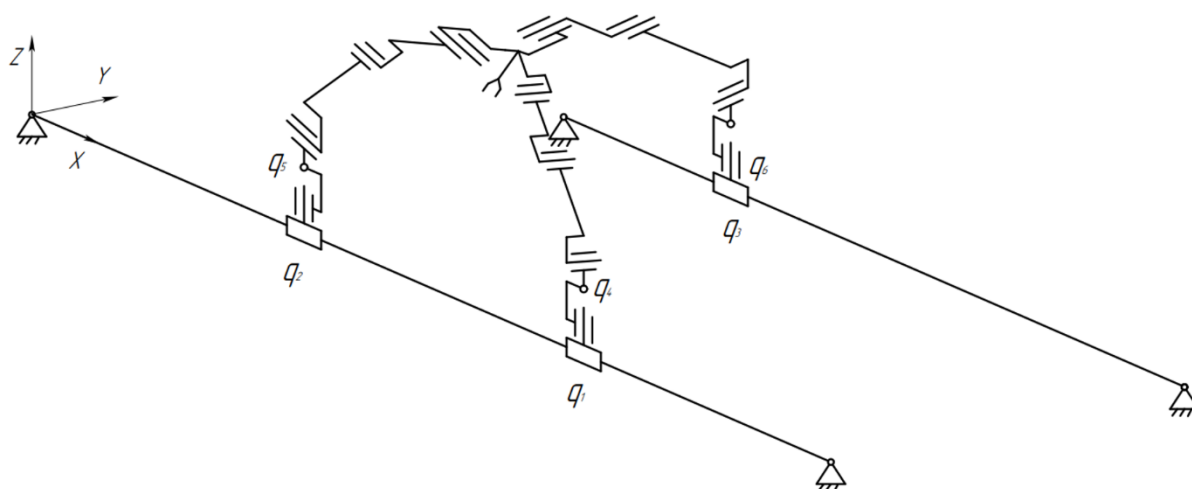
*Нагайцев Г.Н.*

*Научный руководитель: Ермолов И.Л. – д.т.н., профессор*

*Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»*

Активное применение конвейерных линий в промышленности требует внедрения новых систем автоматизации производственных процессов. Для обеспечения высокой скорости и сохранения точности операции предлагается схема робота параллельной структуры, который может свободно перемещаться вдоль конвейерной ленты.

В данной работе представлена кинематическая схема робота параллельной структуры с шестью степенями свободы, перемещающийся на параллельных рельсах, она изображена на рис. 1.



**Рис. 3. Кинематическая схема**

Такая кинематическая схема позволяет роботу свободно перемещаться вдоль оси X, что делает удобным его применение на конвейерных лентах. Шесть степеней свободы позволяют обеспечить больший угол сервиса чем у арочных роботов, а свойства самой параллельной структуры дают достаточно высокую жёсткость конструкции.

Данная кинематическая структура может найти достаточно широкое применение в промышленности. Дальнейшее развитие работы и исследование такого типа роботов позволит выявить больше особенность управления и способов использования.

**Библиографический список:**

1. Глазунов В.А. Механизмы параллельной структуры и их применение: робототехнике, технологические, медицинские, обучающие системы; Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения им. А. А. Благонравова Российской академии наук. - Москва: [б. и.] ; Ижевск : Ин-т компьютерных исслед., 2018. - 1035 с.
2. Глазунов В.А., Хейло С.В. Механизмы перспективных робототехнических систем. М.: ТЕХНОСФЕРА, 2020. – 296 С.
3. Диментберг Ф.М. Винтовое исчисление и его приложение в механике. – М.: издательство «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 1965. – 199 с.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ ПОДВОДНОГО РОБОТА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ С ДАТЧИКА ГЛУБИНЫ VAR30 СО ВСТРОЕННЫМ ДАТЧИКОМ ТЕМПЕРАТУРЫ

Наумчик Т.Г.

Научный руководитель: Стебулянин М.М. – д.т.н., профессор  
Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»

Актуальность данной работы обусловлена растущей потребностью в точных и надежных методах определения глубины для подводных аппаратов, используемых в различных областях, таких как океанография, экология, исследование морских ресурсов и подводная робототехника.

Использование датчика давления Var30 со встроенным датчиком температуры позволяет получать данные в реальном времени, что критически важно для выполнения задач, связанных с исследованием морских экосистем, поиском и спасением, а также для научных исследований.

Разработка алгоритма управления датчиками является важным шагом для возможности автономного перемещения подводного робота.

Алгоритм системы управления представлен на рисунке 1.

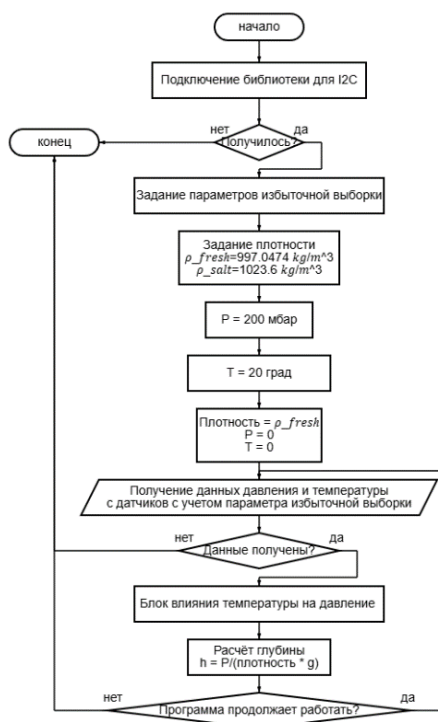


Рис. 4. Алгоритм системы управления датчика давления со встроенным датчиком температуры для определения глубины, на которой находится подводный робот

### Библиографический список:

1. <https://bluerobotics.com/store/sensors-cameras/sensors/bar30-sensor-r1/> [26.03.2025] – ссылка на датчик давления
2. В. В. Лермантов. Гидростатическое давление // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона : в 86 т. (82 т. и 4 доп.). – СПб., 1893. – Т. VIIa. – С. 655–656.
3. Te Connectivity. Sensor Solutions (2016). MS5837-03BA01: Ultra-Small Gel Filled Pressure Sensor. <https://www.alldatasheet.com/html-pdf/881482/TEC/MS5837-02BA01/60/1/MS5837-02BA01.html>

---

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО  
ПРЕОДОЛЕНИЯ ПРЕПЯТСТВИЙ МОБИЛЬНОГО РОБОТА**

*Попов Д.С.*

*Научный руководитель: Собольников С.А. – к.т.н., доцент*

*Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»*

Современные мобильные роботы широко применяются в экстремальных условиях, где важным параметром является способность преодолевать сложные препятствия на пересечённой местности. Для обеспечения высокой проходимости используются мобильные роботы с изменяемой геометрией шасси. Примером изменяемой геометрии может служить поворотные гусеницы. Гусеничные роботы с поворотными гусеницами выделяются среди других конфигураций благодаря их универсальности и способности адаптироваться к различным типам рельефа, включая ступени, склоны, завалы и другие препятствия.

Основная проблема, с которой сталкиваются исследователи, заключается в необходимости разработки эффективных методов управления поворотными гусеницами, которые обеспечат оптимальный контакт с поверхностью. Например, в [1] управление роботом требует прогнозирования контактов робота с поверхностью местности. Основным ограничением современных систем управления гусеничных роботов с поворотными гусеницами является сложность адаптации конфигурации робота под различные варианты рельефа. Для преодоления этой проблемы требуется использование подходов на базе анализа данных местности в виде облака точек и разработки алгоритмов прогнозирования конфигурации робота.

Для обеспечения высокой эффективности и универсальности гусеничного робота возникает потребность в разработке программного комплекса управления, который адаптируется к изменяющимся условиям и задачам. Такой комплекс позволяет автоматически рассчитывать оптимальные углы и перемещения элементов шасси для прохождения сложных участков местности. В данном исследовании рассматривается разработка алгоритмов и программного обеспечения для управления гусеничным шасси изменяемой геометрии.

В рамках работы проведен аналитический обзор существующих методов управления гусеничными роботами. Разработан алгоритм, который учитывает профильные ограничения местности и конфигурацию робота. Проведено исследование с различными параметрами алгоритма.

***Библиографический список:***

1. Chen, B., Huang, K., Pan, H., Chen, X., Xiao, J., Wu, W., & Lu, H. (2023). Geometry-based flipper motion planning for articulated tracked robots traversing rough terrain in real-time // Journal of Field Robotics. V. 40(5). DOI: 10.1002/rob.22236. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/372977710\\_Geometry-based\\_flipper\\_motion\\_planning\\_for\\_articulated\\_tracked\\_robots\\_traversing\\_rough\\_terrain\\_in\\_real-time](https://www.researchgate.net/publication/372977710_Geometry-based_flipper_motion_planning_for_articulated_tracked_robots_traversing_rough_terrain_in_real-time) (дата обращения: 26.03.2025). – Текст: электронный.

## ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЕРАЦИИ TAVI ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ УСТРОЙСТВ

**Царев Р.Х.**

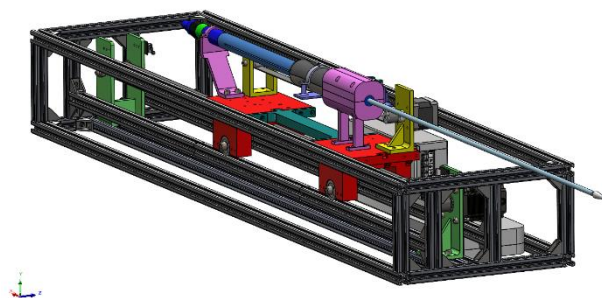
*Научный руководитель: Гергет О.М. – д.т.н., профессор*

*Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»*

В наши дни, в медицине все большее распространение получают малоинвазивные хирургические операции. Их ключевое преимущество заключается в проведении операции через небольшие надрезы на теле пациента, что позволяет избежать масштабных травматичных вмешательств, характерных для традиционных открытых операций.

К такому виду операций относится операция TAVI (транскатетерная имплантация аортального клапана), предназначенная для устранения стеноза аортального клапана. Во время проведения данной операции хирург испытывает как физическую, так и лучевую нагрузку, что впоследствии может привести к врачебной ошибке. Применение роботизированных устройств позволит устранить негативные факторы, влияющие на хирурга во время операции.

В рамках данной работы был спроектирован прототип роботизированного устройства для проведения операции TAVI (рис. 1).



**Рис. 1. Прототип роботизированного устройства для проведения операции TAVI**

Корпус прототипа спроектирован при помощи конструкционного профиля сечения 20x20 мм. Линейное перемещение каретки с катетером обеспечивается за счет использования зубчато-ременной передачи, для перемещения ручки катетера используется аналогичная механическая передача. Детали прототипа изготовлены с помощью FDM 3D принтера из PLA пластика.

В качестве микроконтроллера используется ATmega328P на базе Arduino UNO, движение устройства осуществляется при помощи шаговых двигателей NEMA23. Электродвигатели управляются при помощи драйвера HY-DIV268N-5A.

Управление будет реализовано при помощи нейронных сетей и системы технического зрения, которые будут отслеживать положение кончика катетера в теле пациента и перемещать его до нужного положения.

### **Библиографический список:**

1. Хавандеев М.Л., Лищук А.Н., Колтунов А.Н., Карпенко И.Г., Иванов Д.В. Современные возможности биопротезирования клапанов сердца // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2020. – Т. 2. – С. 22–31. – DOI: 10.24411/2075-4094-2020-16628.
2. Danilov V.V., Klyshnikov K.Yu., Gerget O.M., Skirnevsky I.P., Kutikhin A.G., Shilov A.A., Ganyukov V.I., Ovcharenko E.A. Aortography Keypoint Tracking for Transcatheter Aortic Valve Implantation Based on Multi-Task Learning // Frontiers in Cardiovascular Medicine. – 2021. – Vol. 8. – P. 1–15. – DOI: 10.3389/fcvm.2021.697737.

---

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПЧЕЛИНЫХ УЛЬЕВ И ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПЧЕЛИНОГО РОЯ

*Шевела А.А.*

*Научный руководитель: Воротников А.А. – преподаватель*

*Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»*

Современное пчеловодство сталкивается с проблемами транспортировки ульев, традиционные методы требуют значительных физических усилий со стороны пчеловода и могут приводить к повреждению ульев и стрессу для пчел. Автоматизация этого процесса с помощью мобильной роботизированной платформы позволит снизить трудозатраты и повысить эффективность пчеловодческих работ.

Контроль массы ульев в период медосбора играет ключевую роль в оценке состояния пчелиных семей. Анализ динамики изменения веса позволяет определить продуктивность пчел, своевременно выявлять возможные проблемы, такие как нехватка корма, болезни или роевое состояние.

Цель проекта: разработка и прототипирование мобильной платформы на базе AgileX Hunter 2.0, оснащенной подъемным механизмом и системой датчиков для измерения массы ульев. Платформа будет управляться оператором (пчеловодом) с помощью дистанционного управления.

Материалы и методы: в основе разработки лежит мобильная колесная платформа, обладающая высокой проходимостью и достаточной грузоподъемностью для перевозки ульев. В качестве подъемного механизма рассматривается конструкция с линейным приводом, обеспечивающая плавность подъема и надежность в эксплуатации. Для контроля массы ульев на платформе предусмотрена система датчиков, позволяющая точно фиксировать вес. Разработка конструкции ведется с учетом требований прочности, устойчивости и удобства эксплуатации.

Автоматизированная мобильная платформа для транспортировки ульев обладает потенциалом для повышения производительности пчеловодческих хозяйств. Использование технологий автоматизации позволит минимизировать физические нагрузки на пчеловодов и улучшить условия работы с ульями.

### ***Библиографический список:***

1. Ferrer, M. A., Miranda, J., Monteiro, J. B. A. K. S., et al. Beemon: An IoT-based beehive monitoring system // Computers and Electronics in Agriculture. – 2021. – Vol. 181. – Article 105953. – DOI: 10.1016/j.compag.2021.105953.
2. Shrestha, B. C. H., Nguyen, M. H. T., Hasan, A. R., et al. A framework for better sensor-based beehive health monitoring // Computers and Electronics in Agriculture. – 2023. – Vol. 204. – Article 107541. – DOI: 10.1016/j.compag.2023.107541.

РАЗРАБОТКА ШАССИ НАЗЕМНОГО МОБИЛЬНОГО РОБОТА  
С OMNI-КОЛЁСАМИ

**Яковчик Н.В.**

**Научный руководитель: Собольников С.А. – к.т.н., доцент**

**Кафедра робототехники и мехатроники МГТУ «СТАНКИН»**

С увеличением рынка мобильной робототехники увеличивается потребность в малогабаритных роботах с высокой абсолютной мобильностью. Такие роботы могут использоваться для складской логистики, при коллаборативных решениях на предприятиях и лабораториях, в общественных местах, а также в других задачах, где затруднены поворотные движения «вперёд-назад» и требуется высокая точность.

Существуют различные решения для шасси наземных роботов с высокой абсолютной мобильностью: механум-колёса, шариковые колёса, поворотные колёса, а также omni-колёса. При создании малогабаритного наземного мобильного робота, который будет перемещаться по ровной поверхности и обладать невысокой грузоподъёмностью целесообразно использовать omni-колёса. Такой вид шасси легко управляем, имеет хорошие скорость и манёвренность, а также обладает невысокой стоимостью.

При проектировании шасси взята конфигурация «Kiwi drive», которая представляет из себя три оси колёс, расположенных друг ко другу под углом в  $120^\circ$ . Робот имеет форму правильного треугольник, что дает равномерную нагрузку на все колеса и такому роботу проще программировать перемещения. Любые комбинации скоростей вращения колёс могут быть преобразованы в предсказуемое движение платформы в плоскости. У робота всегда 3 опоры, он всегда будет касаться земли всеми тремя колёсами. Данная конфигурация собирается на omni-колесах.

В работе представлен макет разрабатываемого робота, созданный для обучения и тестирования управляющей программы, которую, в последствии, можно будет загрузить на реальный образец. При изготовлении элементов корпуса используется печать на 3D принтере. Изготовленные таким образом детали выдерживают требуемую нагрузку и значительно сокращают стоимость макета.

Выбор приводов робота происходил из имеющихся в наличии с учетом расчёта требуемых мощностей, скоростей и моментов. Прочие электронные компоненты выбирались также из имеющихся в наличии с учётом характеристик выбранных двигателей.

Управление приводами осуществляет микроконтроллер STM32. Для него разработана и написана управляющая программа в среде STM32CubeMX. При расчёте кинематики присутствуют допущения: не учитываются отклонения фактического центра тяжести от геометрического, а также проскальзывания колёс.

Экспериментальные исследования проводились на поверхности с малым количеством неровностей.

**Библиографический список:**

1. Andreev A.S., Peregudova O.A. Robust motion stabilization of a mobile robot with omni-wheels // Automation of Control Processes. 2019, no. 2(56), pp. 75-84.
2. Moiseev G.N. No-Overturn Conditions for Omnivehicle Motion // Russian Journal of Nonlinear Dynamics. 2024, vol. 20, no. 2, pp. 311-336. DOI: 10.20537/nd240502.
3. Borisov A.V., Kilin A.A., Mamaev I.S. An omni-wheel vehicle on a plane and a sphere // Russian Journal of Nonlinear Dynamics. 2011, vol. 7, no. 4, pp. 785-801. DOI: 10.20537/nd1104004.

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ РЕЗЬБОВЫХ КАЛИБРОВ**

*Бабенков Д.А.*

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

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

Резьбовой калибр – средство контроля с резьбовой рабочей поверхностью, которое используется для контроля цилиндрических и конических резьб. Они классифицируются на несколько видов. Существуют калибры для внутренней и наружной резьбы, внутренняя проверяется калибр-пробками, наружные – калибр-кольцами. Они бывают проходные (ПР) и непроходные (НЕ).

Суть метода проверки внутренней резьбы заключается во вкручивании калибра-пробки в резьбу, например, в гайку. Проходной калибр должен проходить «насквозь», непроходной же должен застревать не больше, чем через 2 оборота, если условия выполнены, то резьба изделия признается годной.

По методике измерений 1904-88 для контроля среднего диаметра резьбовых калибр-пробок кроме набора КМД используются оптиметр или длинномер, но более распространённый вариант – микрометр рычажный (МР), а также измерительные проволоочки.

Несмотря на распространённость и удобство использования этого метода, практический опыт ее применения позволяет сделать вывод – существует несколько пунктов, которые могут сильно повлиять на конечный результат измерения.

1. Чистота резьбы при ее контроле. Если на резьбе после ее очистки останется какая-либо смазка или грязь, то у оператора не получится провести точное измерение и калибр могут ошибочно забраковать, особенно если у этого калибра низкий квалитет.

2. Различное измерительное усилие. Измерительное усилие является важной характеристикой контактных средств измерения, оно представляет собой силу, с которой измерительный наконечник действует на поверхность измеряемой детали, в нашем случае – на измерительные проволоочки, находящиеся между калибром и измерительным наконечником. Если же измерительное усилие будет большим, то числовые значения измерений могут уменьшиться, и наоборот – при слабом измерительном усилии значения будут больше действительных.

3. Действительные значения измерительных проволоочек. Измерительные проволоочки со временем могут стачиваться, а значит и действительно значение при измерении будет не соответствовать действительности. Поэтому имеет смысл проводить периодическую калибровку проволоочек и учитывать их действительные диаметры при контроле резьбовых калибров.

4. Количество сечений, в которых контролируют калибр. Согласно МИ 1904-88, для проходных калибров с числом витков не менее 7 контроль проводится в трёх сечениях – по концам рабочего участка и в средней части. Для калибров с числом витков от 4 до 7 проверка выполняется только в двух сечениях – у заходного витка и в середине.

Однако, поскольку проходной калибр должен проходить насквозь проверяемое изделие по всей длине, а оператор контролирует лишь 2-3 сечения, это может привести к ошибочному заключению о соответствии калибра ГОСТу. В результате годные детали, проверенные таким калибром, могут быть ошибочно забракованы.

***Библиографический список:***

1. ГОСТ 2016-86. Калибры для метрической резьбы. Допуски. – М.: ИПК Издательство Стандартов, 1986. – 6 с.
2. МИ 1904-88. Государственная система обеспечения единства измерений. Калибры резьбовые. Методика проверки. - М.: Издательство стандартов, 1989. – 59 с.

## ВЫЯВЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ОТВЕРДИТЕЛЕЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Бондарчук Д.Ю.**

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

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

Современные композиты занимают важное место в передовых отраслях промышленности благодаря своему уникальному сочетанию легкости, прочности, устойчивости к коррозии и долговечности. Их свойства формируются за счет сложного взаимодействия компонентов: полимерной матрицы, армирующих наполнителей и отвердителей, которые создают трехмерную сетку в процессе отверждения. Несмотря на значительные успехи в разработке таких материалов, влияние типа и концентрации отвердителя на их физико-механические свойства изучено недостаточно. Это ограничивает возможности создания материалов с точно заданными характеристиками для конкретных условий эксплуатации.

Целью данной работы является разработка системы диагностики полимерных композиционных материалов на основе выявления оптимальных параметров отвердителей и концентраций отвердителей на ключевые физико-механические свойства композиционных материалов. Реализация таких исследований способствует не только расширению фундаментальных знаний в области химии полимеров, но и решению прикладных проблем, связанных с повышением надежности и эффективности композиционных материалов в высокотехнологичных отраслях.

Пути решения проблемы: выявление оптимальных свойств отвердителей проводя практические испытания на физико-химические характеристики, такие как исследование жизнеспособностей смесей, измерение динамической вязкости, исследование величины адгезии и также опыты на растяжении, сжатии и на изгиб.

Таблица 1.

*Оптимальные характеристики отвердителей*

<i>Параметры</i>	<i>Минимальное значение</i>	<i>Максимальное значение</i>
<i>Динамическая вязкость, сР</i>	14	545
<i>Величина адгезии, МПа</i>	4,1	4,4
<i>Предел прочности, МПа (на растяжении)</i>	290	315
<i>Модуль упругости, ГПа</i>	18	19
<i>Предел прочности, МПа (на сжатие)</i>	230	260
<i>Прочность, МПа</i>	400	500

В результате были выявлены оптимальные характеристики отвердителей (табл.1). Данные оптимальные параметры помогут для разработки системы диагностики, которая в дальнейшем позволит улучшить изготовление композиционных материалов.

### ***Библиографический список:***

1. Кочергин Ю.С., Золотарёва В.В. Эпоксидные композиты: состав, свойства, применение // Учебное пособие. – Донецк: Издательство «НТИТ», 2024. –210 с.

---

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ЩУПОВЫМ МЕТОДОМ**

**Борисов Ф.С.**

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

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

Основным недостатком щупового метода измерения трехмерной шероховатости является необходимость больших временных затрат на выполнение измерительной процедуры ощупывания. Максимальная скорость движения щупа вдоль измеряемой поверхности ограничена его динамическими характеристиками (исходя из условия безотрывности огибания неровностей).

Точность измерения трехмерной шероховатости поверхности непосредственно зависит от количества измеренных профилей и поперечного шага между ними. Например, для поверхности, имеющей  $R_a$  в диапазоне 0,1 ... 2,0 мкм, необходимо проводить измерения на базовой длине 0,8 мм. Такая же базовая длина, принимаемая в поперечном направлении при шаге между профилями, равном 2,5 мкм требует измерения 321 профиля, что занимает около 3-х часов времени.

Чтобы уменьшить время, затрачиваемое на трехмерные измерения шероховатости щуповым методом, необходимо ограничить количество измеряемых профилей, но с условием, что это ограничение не окажет значительного влияния на погрешность измерения.

В данной работе была поставлена задача исследования погрешности измерения трехмерной шероховатости по ограниченному количеству профилей. В качестве измерительного прибора использовалась система HOMMEL TESTER T8000 (производитель HOMMELWERKE, Германия).

Для обработки полученных в результате измерения массивов данных (высот неровностей поверхности) был разработан алгоритм расчетов в среде MathCad, обеспечивающий построение средней прямой или плоскости и последующего вычисления стандартизованных параметров двумерной и трехмерной шероховатости.

Проведенные исследования показали, что для наиболее распространенных поверхностей машиностроения, имеющих шероховатость по  $R_a$  от 1 мкм и более, достоверная оценка трехмерных параметров шероховатости с помощью щупового прибора требует получения порядка 30 профилей. Для получения такого количества профилей необходимо не менее 15 мин измерительного времени, без учета времени на обработку полученного массива данных. Такие временные затраты могут быть оправданы на этапе выбора и отладки режимов технологического процесса получения поверхности, в том числе в исследовательских целях, когда необходимо получение трехмерной визуализации неровностей поверхности. Для контроля трехмерной шероховатости поверхностей деталей в серийном производстве необходимо применение более производительных методов оценки шероховатости по площади, например, рефлектометрического метода.

**Библиографический список:**

1. Кононогов С.А., Лысенко В.Г. Научно-методические основы 3D-метрии шероховатости поверхности: Учеб. Пособие – М.: АСМС, 2010. – 236 с.
2. Давыдов В.М., Заев В.В. Анализ международной практики профильной и трехмерной оценки шероховатости поверхности // Электронное научное издание «Ученые заметки ТОГУ». – 2013. – Т. 4, № 4. – С. 1061–1074

## 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 современных условиях приборостроение требует внедрения эффективных методов контроля и регулирования технологических процессов. Статистический контроль представляет собой мощный инструмент, позволяющий минимизировать потери и повысить качество продукции.

Разработанная методика включает несколько этапов:

**1. Сбор данных:** систематический сбор информации о параметрах технологического процесса.

**2. Анализ данных:** применение статистических методов для выявления закономерностей и отклонений.

**3. Контроль качества:** использование контрольных карт для мониторинга процесса в реальном времени.

**4. Регулирование:** корректировка параметров процесса на основе полученных данных.

Таблица 1.

*Процент брака в зависимости от показателей*

Показатель	Значение до внедрения	Значение после внедрения	Изменение (%)
Уровень брака	10%	8.5%	-15%
Стабильность технологических параметров	20%	16%	-20%
Положительные отзывы	60%	80%	+33.33%

Разработка и внедрение статистического контроля в приборостроении являются необходимыми шагами для повышения конкурентоспособности и качества продукции.

### ***Библиографический список:***

1. Дьяков А.А. Основы статистического контроля качества. – М.: Издательство «Наука», 2020.
2. Смирнов В.В. Методы управления качеством в производстве. – СПб.: Издательство «Политехника», 2019.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЛИР-15

**Буряков М.А.**

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

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

Преобразователь линейных перемещений фотоэлектрический ЛИР-15, предназначены для измерения размера перемещений в измерительных системах, системах позиционирования, системах управления скоростью перемещения и т. д.

Преобразователи могут быть использованы в качестве цифровых измерительных головок.

Преобразователь состоит из корпуса, внутри которого установлены фотоэлектрический считывающий узел, состоящий из пяти полупроводниковых излучающих диодов и пяти фотоприемников, и две растровые пластины, одна из которых связана со штоком, выступающим за пределы корпуса и служащим для контакта с контролируемым объектом. Из корпуса выступает кабель, имеющий разъем для связи с источником электрического питания и внешним отсчетным устройством, предназначенным для отображения информации о величине и направлении перемещений. Для пыле- и влагозащитного исполнения преобразователя шток снабжен защитой в виде гофры.

Принцип действия преобразователя основан на модуляции потока оптического излучения двумя растровыми пластинами, одна из которых перемещается относительно другой под действием штока. При перемещении пластины формируются электрические импульсы прямоугольной формы, число которых пропорционально перемещению.

Для передачи данных с преобразователя используется интерфейс RS-232.

Это интерфейс передачи информации между двумя устройствами на расстояние до 15 м. Используется для подключения к вычислительным машинам самого разного оборудования, нетребовательного к скорости обмена.

Скорость передачи RS-232 может выбираться из ряда: 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 бит/с.

Спецификации RS-232 не ограничивают максимальную длину кабеля, но ограничивают максимальное значение его емкости - 2500 пФ.

Разъем RS-232 можно использовать для передачи данных с преобразователя ЛИР-15 на персональный компьютер и дальнейшее использование этих данных, например, для расчета допусков формы детали, таких как допуск прямолинейности или плоскостности.

**Библиографический список:**

1. Преобразователи линейных перемещений фотоэлектрические ЛИР-14, ЛИР-15, ЛИР-17, ЛИР-19А, ЛИР-ДА13Б. Методика поверки.
2. Отклонения и допуски формы и расположения поверхностей. – URL: [https://www.highexpert.ru/content/engineers/tolerance\\_features.html](https://www.highexpert.ru/content/engineers/tolerance_features.html)

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЯ ОТ КРУГЛОСТИ НА КРУГЛОМЕРЕ

**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. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ нормативной документации в области нормирования отклонения от круглости, а также рассмотреть принцип работы кругломера;
2. Исследовать зависимость количества циклов настройки кругломера при различных значениях эксцентриситета;
3. Исследовать зависимость значений отклонения от круглости от значения заданного эксцентриситета;
4. Исследовать зависимость значений отклонения от круглости от угла наклона измерительного наконечника и выбранного способа фильтрации измерительного сигнала.

В экспериментальной части работы было определено количество циклов настройки при заданных оператором значениях эксцентриситета и проведены измерения отклонения от круглости для деталей, обработанных точением и шлифованием при разных значениях эксцентриситета. Результаты измерений представлены в табл. 1.

Таблица 1.

*Результаты измерения деталей, обработанных шлифованием и точением*

Шлифование			
Установленный эксцентриситет, мкм	Кол-во раундов настройки, шт	Достигнутый эксцентриситет, мкм	Отклонение от круглости, мкм
10	3	2,5	12,35
5	3	0,781	12,39
1	3	0,97	12,33
0,5	5	0,285	12,34
0,2	5	0,066	12,66
0,1	7	0,094	12,61
Точение			
10	3	0,867	23,82
5	3	0,866	23,89
1	3	0,546	23,75
0,5	3	0,418	23,84
0,2	7	0,091	23,85
0,1	10	0,073	23,87

Результаты исследования показали, что с увеличением точности центрирования детали увеличивается количество циклов настройки, что снижает производительность измерений. Повышение точности центрирования деталей на кругломере не оказывает существенного влияния на результаты измерения отклонения от круглости.

### **Библиографический список:**

1. Глубокова, С.В. Взаимозаменяемость и нормальные точности в машиностроении: учеб. пособие. – М.: Изд-во Янук-К, ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», 2023. – 332 с. – ISBN 978-5-0880-3.

**АВТОМАТИЗАЦИЯ КАЛИБРОВКИ И ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН**

*Гализин И.В.*

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

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

Автоматизация калибровки и поверки средств измерений (СИ) электрических величин представляет собой процесс внедрения специализированного программно-аппаратного комплекса, предназначенного для минимизации человеческого участия и повышения точности выполняемых операций.

Целью данной работы является разработка автоматизированной системы калибровки и поверки (АСКП) для калибровки и поверки средств измерений электрических величин.

Основными задачами данной работы являются: разработка программного обеспечения для управления измерительным процессом, интеграция системы с эталонным оборудованием, автоматизация сбора, обработки и хранения данных. АСКП включает в себя СИ электрических измерений – мультиметры, амперметры, вольтметры, калибраторы, частотомеры, которые используются в атомном строительстве.

Структура такой системы может выглядеть так, как показано на рис. 1.



**Рис. 1. Структура автоматизированной системы для калибровки и поверки средств измерений электрических величин**

Автоматизация позволяет значительно сократить время калибровки и поверки за счёт исключения ручных операций. Система автоматически выбирает режимы измерений, задаёт параметры сигналов и фиксирует результаты. Это особенно важно при проверке многофункциональных приборов с несколькими диапазонами.

Внедрение автоматизированной системы повышает точность и воспроизводимость результатов, упрощает оформление документации и соответствует современным требованиям цифровизации измерений.

***Библиографический список:***

1. А. Н. Кирющенко, А. Д. Меньшиков Автоматизация процессов поверки и калибровки средств измерений в современных лабораториях // Компетентность. 2024. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-protseessov-poverki-i-kalibrovki-sredstv-izmereniy-v-sovremennyh-laboratoriyah> (дата обращения: 30.03.2025).
2. М. Ю. Егоров, А. В. Антипина, Н. Б. Демидова, М. В. Макарова, С. С. Прошкин, Е. Л. Рыжова, О. А. Шарая Применение автоматизированных систем с целью повышения качества метрологического обеспечения средств измерений // ИВД. 2024. №9 (117). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-avtomatizirovannyh-sistem-s-tselyu-povysheniya-kachestva-metrologicheskogo-obespecheniya-sredstv-izmereniy> (дата обращения: 30.03.2025).

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПОСАДОК ГЛАДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

**Герасименко В.А.**

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

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

Система допусков на линейные размеры гладких элементов деталей ИСО играет важную роль при проектировании узлов и механизмов, определяя надёжность и долговечность соединений и, следовательно, качество выпускаемой продукции. Правильность выбора характера сопряжений непосредственно влияет на эксплуатационные характеристики механизмов. На выбор посадок оказывают влияние такие факторы, как условия эксплуатации механизма, величина и тип нагрузки, физико-механические свойства материалов соединяемых деталей, температурные деформации, требования к подвижности и разъемности соединений. Автоматизация выбора посадок позволяет снизить количество неоптимальных решений при проектировании узлов и механизмов и поэтому является актуальной задачей.

В работе предложен автоматизированный выбор посадок посредством разработанного программного обеспечения, позволяющего инженерам-конструкторам назначать оптимальные классы допусков (поля допусков) для отверстий и валов, образующих соединения, что в свою очередь повышает производительность проектировочных работ.

В основе работы программы лежит интуитивный и удобный интерфейс (рис. 1), реализованный с использованием современных веб-технологий. Фронтенд построен на HTML, CSS и JavaScript, обеспечивая плавную и быструю работу интерфейса. Серверная часть разработана на Node.js с применением Express, а для хранения данных используется база PostgreSQL, содержащая предустановленные справочные данные по допускам и посадкам. Взаимодействие между клиентом и сервером осуществляется через REST API, что позволяет легко интегрировать программу с другими инженерными системами.

<b>Соединение</b> - Крышка с валом - Корпус с подшипником - Муфта с валом ...	<b>Номинальный диаметр соединения</b> - 1, 2, 3... (мм)	<b>Назначение соединения</b> - Разъемное соединение - Неразъемное соединение	<b>Характер нагрузки</b> - Статическая - Динамическая - Ударная - Вибрационная - Переменная	<b>Направление нагрузки</b> - Радиальная - Осевая
<b>Величина нагрузки</b> - Малая - Средняя - Высокая	<b>Материалы соединяемых деталей</b> - Сталь - Чугун - Алюминий ...	<b>Совместимость материалов</b> - Однородные - Разнородные	<b>Влияние теплового расширения</b> - Коэффициенты линейного расширения материалов - Температурный диапазон эксплуатации	<b>Кнопка "Расчет"</b>
<b>Вывод</b>				

**Рис. 1. Базовая версия интерфейса ПО**

На рис. 1 изображена структура интерфейса ПО, с указанием параметров ввода-вывода: назначение соединения, материалы деталей, направление нагрузки и т.д. Каждый параметр предполагает ввод значений или выбор из списка для последующего расчета.

### **Библиографический список:**

1. Взаимозаменяемость и нормирование точности в машиностроении: учеб. / С.В. Глубокова – М.: «Янус-К», 2023. - 336 с.: ил.
2. Выбор допусков и посадок типовых соединений в машиностроении: учеб. пособие / С.В. Глубокова, В.Н. Гусев. – М.: ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», 2023. – 88 с.: ил.

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ  
ДЕТАЛЕЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

*Гринёв Д.А.*

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

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

В основе фотограмметрических методов измерения лежит фотографирование исследуемых объектов и последующая обработка этих фотоизображений вместо исследования поверхностей самих объектов. Это предопределяет основные преимущества фотограмметрических и стереофотограмметрических методов исследований перед другими. Это, прежде всего, высокая производительность метода на этапе сбора измерительной информации; объективность, достоверность и документированность данных за счет наличия фотоизображений; достаточно высокая точность; возможность бесконтактного получения измерительной информации.

Эти преимущества фотограмметрии обеспечили применение ее методов в самых разнообразных отраслях науки и техники, в том числе в машиностроении (для проведения измерений координат фиксированных точек сложных поверхностей, а также для динамических измерений).

Таким образом, принцип действия фотограмметрических систем для измерения деталей машиностроения основан на обработке изображений деталей, как правило, освещаемых структурированным светом. Эти изображения формируются видеокамерами и от качества этих изображений зависит погрешность получаемых 3D-моделей. Для уменьшения погрешности нужно стремиться к увеличению резкости и контрастности изображений, а также к равномерности значений этих параметров в пределах поля зрения. Резкость изображений зависит от фокусировки объективов видеокамер. Камеры фокусируют на расстояние, на котором находится центр предметного стола. Если измеряемая деталь имеет увеличенные габариты, то ее крайние участки поверхностей могут оказаться за пределами резко изображаемого пространства видеокамер (за пределами глубины резкости). Глубину резкости можно увеличить путем уменьшения размера диафрагмы объектива видеокамеры. С другой стороны, уменьшение размера диафрагмы уменьшает количество света, падающего на матрицу камеры в единицу времени.

Для исследования влияния на погрешность измерения вышеперечисленных факторов были проведены эксперименты по измерению одной и той же плоской поверхности в различных условиях фонового освещения, при различных расстояниях от измеряемой поверхности до видеокамер, а также при различных значениях угла наклона плоской измеряемой поверхности относительно направления падения структурированного света. В качестве критерия погрешности измерения использовалось среднее квадратичное отклонение расстояний до точек получаемой 3D-модели от плоскости, построенной методом наименьших квадратов по этому массиву точек.

Полученные результаты позволяют осуществлять выбор условий измерения в зависимости от требуемой погрешности измерения, а также наоборот – оценивать предполагаемую дополнительную погрешность, вызываемую условиями измерения.

***Библиографический список:***

1. Обиралов А.И. и др. Фотограмметрия и дистанционное зондирование. – М.: КолосС, 2006.
2. Назаров А.С. Фотограмметрия. – Мн.: ТетраСистемс, 2006.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОЦЕНИВАНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ МАЛОГАБАРИТНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

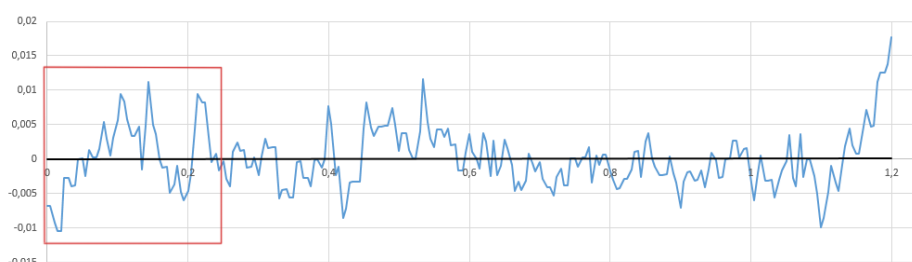
**Збожинский Б.**

*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. Поверхности неровностей часто оказывают существенное влияние на функциональность и производительность механических систем, поэтому оценка и контроль их параметров является критически важной частью процесса проектирования и производства.



**Рис. 1. Профиль фаски корпуса наручных часов**

Таблица 1.

*Параметры шероховатости фаски корпуса наручных часов*

	Участок фаски часов	Отдельно взятый малый участок фаски часов
Ra, мкм	0,0033	0,0069
Rz, мкм	0,0137	0,0097
Rq, мкм	0,0028	0,0025
Rv, мкм	0,0104	0,0083
Rsk	2,4571	0,5818

### **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. Шероховатость поверхности. Параметры, характеристики и обозначения: ГОСТ 2789-73. – Введ. 01.01.75. – М: Изд-во стандартов, 1985. – С. 9.
3. 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.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАНИЙ ТРУБКИ ОПТИМЕТРА

*Иванов С.Д.*

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

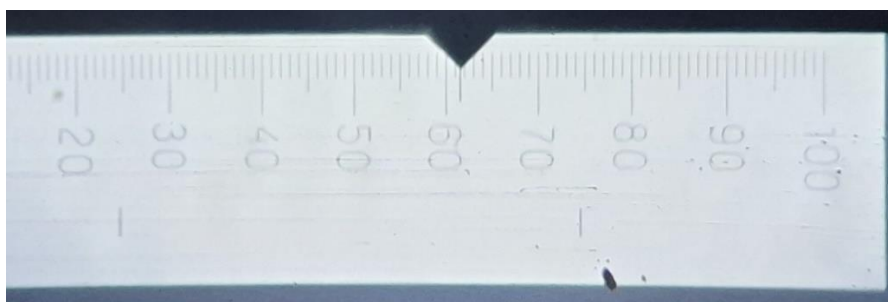
*Кафедра измерительных информационных систем и технологий  
МГТУ «СТАНКИН»*

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.

Традиционный способ снятия показаний с трубки оптиметра предполагает визуальное считывание оператором, что может приводить к субъективным ошибкам, усталости и ограничивает скорость измерений. Внедрение компьютерного зрения и методов автоматической обработки изображений позволяет исключить человеческий фактор, повысить повторяемость результатов и интегрировать измерительный процесс в системы автоматизированного контроля.

В данной работе рассматриваются алгоритмы автоматического определения показаний трубки оптиметра на основе анализа изображений, полученных с помощью цифровой камеры (рис. 1).



**Рис. 1. Изображение показаний трубки оптиметра**

Использование методов машинного зрения (OpenCV, TensorFlow) и цифровой обработки изображений (фильтрация, бинаризация, преобразование Хафа) позволяет создать надежную систему автоматизированного считывания, применимую в промышленных и лабораторных условиях.

***Библиографический список:***

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2012. – 1072 с.
2. Смирнова И.А., Никитин И.С. Методы распознавания показателей шкал стрелочных приборов // Сборник трудов конференции “Проблемы получения, обработки и передачи измерительной информации”. – Уфа : УГАТУ, 2019. – С. 379-383.

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ ОТКЛОНЕНИЙ ОТ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ  
ОСИ ВНУТРЕННИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОТВЕРСТИЙ**

*Ильин А.А.*

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

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

Отклонение от прямолинейности оси цилиндрического отверстия – это величина, характеризующая искривление реальной оси отверстия относительно идеальной прямой линии. В стандарте ГОСТ 24642-81 этот показатель определяется как наименьший диаметр воображаемого цилиндра, внутри которого располагается фактическая ось отверстия по всей контролируемой длине.

Существует 2 группы методов измерения и контроля прямолинейности оси внутренних отверстий: контактные и бесконтактные. Множество данных методов варьируется от простых ручных СИ до высокоточных автоматизированных систем.

Однако, среди стандартных методов измерения бывает затруднительно подобрать необходимую нам конфигурацию. Так, особую сложность представляет измерение прямолинейности длинных (глубоких) отверстий среднего диаметра (габариты, при которых отверстие слишком узкое, чтобы внутрь можно было легко установить крупный измерительный прибор или визуально наблюдать просвет, но и не настолько малоразмерное, чтобы была необходимость использовать микродатчики). Примерами могут служить сквозные или глухие отверстия диаметром порядка нескольких десятков миллиметров и глубиной в сотни миллиметров (гидравлические цилиндры, стволы, и т.д.).

Стандартные решения не всегда подходят для таких случаев. Например, возможности КИМ ограничены длиной щупа (в одном из экспериментов сообщалось, что для отверстия диаметром ~100 мм и глубиной 700 мм обычная КИМ смогла промерить лишь первые ~300 мм глубины). Стойки и оправки, используемые с измерительными головками, могут прогибаться под собственным весом или не обеспечивать соосного ввода на большой длине, тем самым снижая точность контроля. Оптические и пневматические методы могут оказаться слишком сложными и нецелесообразными в применении.

Учитывая перечисленные трудности, для длинных отверстий среднего диаметра целесообразно разработать специализированный прибор контроля, который будет способен работать внутри глубокого отверстия, обеспечивая высокоточную передачу информации о траектории оси даже в труднодоступных внутренних полостях с необходимой точностью. Разработка такой методики и прибора контроля позволит надёжно измерять прямолинейность в условиях, где стандартные СИ и приборы малоэффективны.

***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. LIANG J., SONG X., WANG K., HAN X. An On-Machine Measuring Apparatus for Dimension and Form Errors of Deep-Hole Parts [Электронный ресурс] // PubMed Central. – Режим доступа: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11644875/> (дата обращения: 01.04.2025). – PMID: 39686383.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛИМАТИЧЕСКОЙ КАМЕРЫ В УСЛОВИЯХ ЦИКЛИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

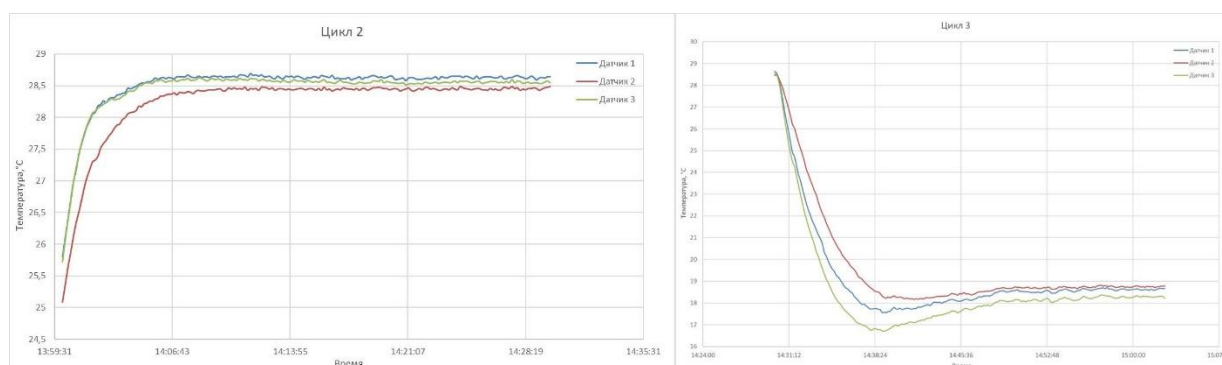
**Калинина В.В.**

*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  $-75^{\circ}\text{C}$  до  $+180^{\circ}\text{C}$ , точность  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . В камере были размещены три температурных датчика по горизонтали в центральной части. Испытания проводились в четырёх температурных циклах:  $+25^{\circ}\text{C}$ ,  $+30^{\circ}\text{C}$ ,  $+20^{\circ}\text{C}$  и  $0^{\circ}\text{C}$ . Результаты испытаний представлены на рисунке 1.



**Рис.1. График зависимости температуры от времени**

При нагревании от меньшей температуры к большей температура плавно возрастает и постепенно выравнивается. Это связано с тем, что нагревательные элементы постепенно передают тепло воздуху, и системе требуется время для его равномерного распределения. При охлаждении от большей температуры к меньшей температура снижается быстрее, особенно в первые минуты. Это объясняется тем, что холодный воздух интенсивно подается в камеру и в первую очередь воздействует на центральный датчик, расположенный ближе всего к воздействию воздушного потока вентилятора. Поэтому именно он первым фиксирует резкое снижение температуры.

### **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>].

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ПРИБОРНЫХ РЕДУКТОРОВ

*Кириллов Е.А.*

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

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

Редуктор представляет собой устройство, предназначенное для передачи вращательного момента от вала двигателя к рабочим механизмам. Конструктивно он выполняется в виде отдельного узла, который может включать различные типы передач: червячные, планетарные, зубчатые, цепные и т.д. Основная функция редуктора заключается в изменении параметров вращения – снижении угловой скорости и пропорциональном увеличении крутящего момента на выходном валу относительно входного.

Разрабатываемая система автоматизированного проектирования (САПР) приборных редукторов представляет собой специализированную программу, реализованную на языке программирования Java Script. Ее ключевая функция – выполнение расчетов параметров различных компонентов редуктора для их последующей сборки.

На основе входных данных (крутящий момент, частота вращения выходного вала, количество ступеней механизма, тип используемых подшипников – качения или скольжения) система выполняет расчёты и подбирает оптимальный двигатель, определяя его модель и технические характеристики.

После выбора двигателя система переходит к детальному расчету каждой ступени редуктора. Особое внимание уделяется подбору зубчатых колес в соответствии с требованиями ГОСТ 13733-77. Для обеспечения оптимальных характеристик программа рассматривает несколько вариантов количества зубьев, отдавая приоритет значениям из первого предпочтительного ряда согласно указанному стандарту. Для каждой ступени последовательно выполняются расчеты фактического передаточного отношения, расчетного количества зубьев для каждого колеса, а также определение ряда в соответствии с требованиями ГОСТ 13733-77. На заключительном этапе на основе этих данных система определяет фактическое передаточное отношение механизма, на основании которого вычисляется погрешность.

Важным преимуществом системы является возможность сравнительного анализа нескольких вариантов конструктивного исполнения с разным количеством зубьев. Таким образом, благодаря полученным расчетам выбирается оптимальный вариант конструкции приборного редуктора.

***Библиографический список:***

1. Приводная техника. Редукторы и мотор-редукторы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://privod.ru/articles/reducers/>, свободный. – Дата обращения: 20.03.2025.
2. Истомина С.Н. Проектирование мелкомольных передач приборов с применением ЭВМ. – М.: Машиностроение, 1985. – 176 с.
3. ГОСТ 13733-77. Системы автоматического управления. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 1977. – 32 с.

## ПРОТОТИП ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СЧЕТА ПОЛОС НА ИНТЕРФЕРОМЕТРЕ КЕСТЕРСА

*Комина Д.В.*

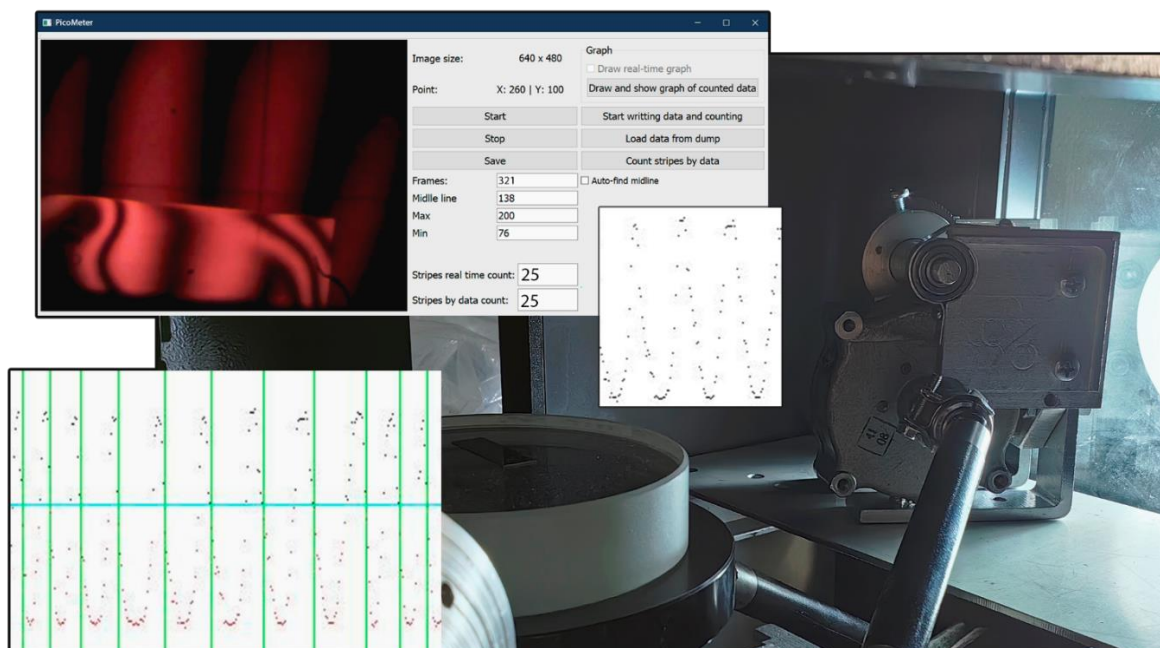
*Научный руководитель: Забелин А.В. – ст. преподаватель*

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

Существуют многоволновые интерференционные датчики (MWLI) с погрешностью измерения  $\pm 50$  нм (Taylor Hobson), которые обладают высокой стоимостью. Для разработки отечественного аналога нужно провести исследование метода совпадения дробных частей [1], что, в свою очередь, предполагает использование дублирующего (альтернативного) метода измерения концевых мер длины, основанного на счете полос на интерферометре Кестерса. Счет полос этим методом является очень трудоёмким процессом, практически невозможным вручную. В связи с этим актуальной становится задача автоматизации этого процесса.

Для реализации автоматизированного подсчёта полос необходимо разработать следующие подсистемы:

- Систему регистрации и оцифровки интерференционной картины
- Программный модуль, обеспечивающий подсчет полос
- Электромеханическую систему для перемещения стола интерферометра в большом диапазоне.



**Рис. 1. Прототип комплекса**

Прототип такого набора подсистем был создан в МГТУ «СТАНКИН». Написана программа, которая производит счет полос в реальном времени со скоростью 0,3 полосы в секунду. Для автоматизации перемещения стола был использован редуктор, с подключенным к нему шаговым двигателем, управляемый контроллером Arduino Uno.

### ***Библиографический список:***

1. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. – М.: Наука, 1973. – 720 с.

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ УРОВНЕМЕРА РАДИОВОЛНОВОГО С ЦЕЛЮ УТВЕРЖДЕНИЯ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

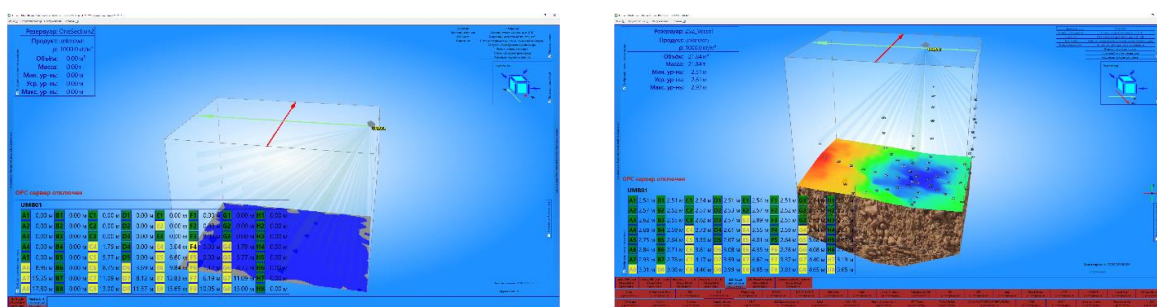
*Красноперов М.С.*

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

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

В условиях ухода иностранных производителей с российского рынка и санкционного давления критически важным становится развитие отечественных технологий в области измерительных систем. Радиоволновые уровнемеры являются одними из ключевых для точного контроля уровня сыпучих материалов в закрытых и открытых резервуарах, бункерах и других хранилищах при учетно-расчетных и технологических операциях в химической, энергетической, горнодобывающей и металлургической промышленности. Отсутствие сертифицированных российских аналогов создает риски зависимости от импорта, что требует срочного решения в рамках политики импортозамещения.

Целью исследования является разработка программы испытаний радиоволнового уровнемера с целью утверждения типа средства измерений, включая проектирование и изготовление испытательной оснастки, проведение метрологической оценки с обеспечением прослеживаемости измерений к государственному первичному эталону, расчет межповерочного интервала, внедрение поверки в условиях эксплуатации, а также анализ экономической эффективности и опробование программного обеспечения для 3D-моделирования сыпучих материалов, что в совокупности обеспечивает поддержку отечественного производителя и импортозамещение.



**Рис. 1. 3D модели пустого и заполненного резервуара по результатам измерений смоделированные с помощью программного обеспечения**

В рамках исследования разработана программа испытаний радиоволнового уровнемера, создана испытательная оснастка, изготовленная методом 3D-печати, разработана методика поверки, включающая поверку в условиях эксплуатации непосредственно на резервуаре, определён (рассчитан) межповерочный интервал, проведён анализ экономической эффективности, подтверждающий снижение затрат за счёт оптимизации испытаний, опробовано программное обеспечение для 3D-моделирования сыпучего материала в резервуаре. Материалы испытаний прошли экспертизу в Едином центре проверки результатов испытаний средств измерений с положительным заключением, рекомендуя внесение уровнемера в федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений (ФГИС «АРШИН») в качестве средства измерений.

### *Библиографический список:*

1. МИ 3650-2022. ГСИ.

## РАЗРАБОТКА ТЕХПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ СБОРОЧНОГО УЗЛА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА

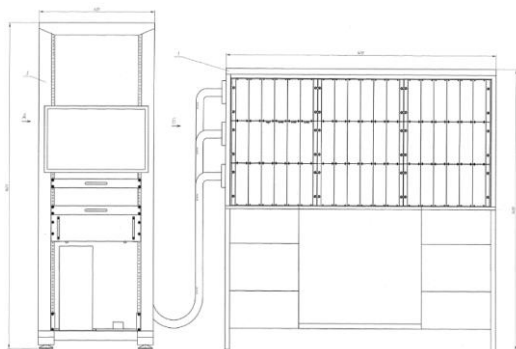
*Кузнецов А.А.*

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

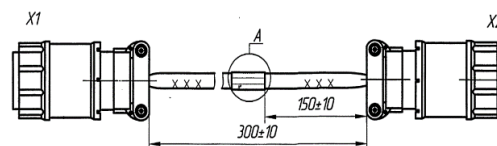
*Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ  
«СТАНКИН»*

АСПК – автоматическая система прозвонки кабелей (рис. 1). Комплекс АСПК предназначен для автоматизированной проверки правильности и качества электрических связей внутри жгутов. Его использование позволяет существенно сократить временные затраты, а также увеличить количество проверок на разных этапах производства, что, в свою очередь, снижает трудоемкость операций контроля и повышает качество выпускаемой продукции. На панели АСПК существует ограниченное количество соединителей, поэтому для подключения жгутов с новыми типами соединителей требуются жгуты-переходники, которые обеспечивают совместимость таких жгутов с комплексом.

Жгут-переходник представляет из себя жгут (рис. 2), на одном конце которого находится ответная часть для соединителя проверяемого жгута, а на другой стороне расположен соединитель для подключения к комплексу АСПК.



**Рис.1. Стойка АСПК**



**Рис. 2. Жгут-переходник**

Процесс разработки сборочного узла включает в себя:

- Разработку электрической схемы;
- Создание чертежа;
- Написание спецификации;
- Разработку маршрутной карты изготовления;
- Технологическое сопровождение изделия на различных этапах производства;
- Проверку контролируемых параметров и т.д.

Применяемые мной методы показывают работоспособность и эффективность разрабатываемого узла.

### **Библиографический список:**

1. ГОСТ 3.1116-79. Единая система технологической документации. Нормоконтроль.
2. 6М0.485.705ТУ. Жгуты. Технические условия.
3. ГОСТ 23542-79. Кабели и жгуты для межприборных соединений.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ КОМПЕНСАЦИИ ПОГРЕШНОСТИ ЦИФРОВЫХ  
ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ

*Куликов Н.С.*

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

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

При разработке конструкций современных манометров, предназначенных для использования в составе информационно-измерительных систем, важным требованием является преобразование давления в электрический сигнал, открывающий широкие возможности для его передачи по каналам связи, преобразования и обработки.

Одновременно как в нашей стране, так и за рубежом наблюдается устойчивый рост интереса к разработкам интегральных датчиков давлений. Наиболее часто такие датчики используют тензорезистивный эффект.

Наряду с преимуществами тензорезистивных полупроводниковых преобразователей давления, такими как высокий коэффициент тензочувствительности и миниатюризация размеров чувствительного элемента, имеется и ряд недостатков: сложность технологии изготовления чувствительных элементов, что неприемлемо при мелкосерийном производстве; хрупкость чувствительных элементов, что ограничивает их применение в условиях сотрясений, скачков давления; достаточно большое влияние температуры на коэффициент тензочувствительности.

Упругие свойства материалов чувствительных элементов также зависят от температуры. Кроме того, они зависят от времени эксплуатации, так как с течением времени у упругих чувствительных элементов накапливаются пластические деформации и уменьшаются упругие, это приводит к снижению крутизны функции преобразования чувствительного элемента, а также к ее смещению.

Преобразование сигнала давления в цифровой вид и подача его на микропроцессор открывает широкие возможности цифровой программной обработки этого сигнала, в том числе с целью уменьшения (компенсации) основной и дополнительной погрешностей. Выделяют следующие виды компенсации:

- компенсация нелинейности функции преобразования;
- компенсация влияний температуры путем получения и обработки сигнала от датчика температуры;
- компенсация изменений функции преобразования во времени, вызванных деградацией упругих чувствительных элементов преобразователя;
- компенсация гистерезиса функции преобразования.

Таким образом, задачами дальнейшей работы является разработка эффективных алгоритмов фильтрации, линеаризации и термодатировки функции преобразования. В частности, разработка методики определения нелинейности (выбор образцового средства измерения, выбор числа и расположения контрольных точек в пределах диапазона измерения, выбор алгоритма обработки измерительной информации для определения нелинейности)

***Библиографический список:***

1. Пашенко В.В., Маланин В.П. Анализ схем коррекции температурных погрешностей параметрических датчиков // ПСУ. – 1991. – № 2. – С. 19–20.
2. Рогожин А.Д. Принципы построения интегральных датчиков давления // Радиоэлектронные и телекоммуникационные системы и устройства: Межвузовский сборник научных трудов. Вып. 4. – Н.-Новгород: НГТУ, 1998. – С. 101–109.

**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 является важной характеристикой 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. Погрешности тем больше, чем больше отличаются условия измерения от условий настройки прибора на размер.

В работе были проведены экспериментальные исследования измерительного усилия ряда серийно выпускаемых отечественных измерительных головок. Исследования заключались в получении кривых изменения измерительного усилия при перемещении измерительного наконечника в пределах диапазона измерения при прямом и обратном ходе. Измерительные головки при этом устанавливались в стойку типа С-III, имеющую микрометрическую подачу подъема столика. В качестве средства измерения усилия использовались электронные весы модели Garin JS3 с цифровым отсчетом, имеющие диапазон измерения 500 г и единицу младшего разряда 0,01 г. Весы размещались на столике стойки так, чтобы наконечник исследуемой головки контактировал с их измерительной платформой.

По результатам проведенных исследований сделаны следующие выводы:

1. Существующее нормирование в стандарте величины измерительного усилия не охватывает всех параметров, которые определяют погрешности, вносимые в условиях эксплуатации.

2. При выборе измерительных головок и измерительных преобразователей необходимо иметь представление о полной диаграмме их измерительного усилия и учитывать его влияние.

3. Наилучшими приборами с точки зрения влияния измерительного усилия на погрешность измерения являются головки с пружинным механизмом (микророторы), а наихудшими – рычажно-зубчатые головки, что определяется величинами перепада измерительного усилия, особенно в момент реверса.

4. Наибольшее внимание при исследовании характеристик измерительного усилия следует уделить широкодиапазонным измерительным преобразователям, таким как ИЧ-50, ЛИР-17 и т.п. – им планируется посвятить дальнейшие исследования.

***Библиографический список:***

1. Марков Н.Н., Кайнер Г.Б., Сацердотов П.А. Погрешность и выбор средств при линейных измерениях. – М.: Изд. «Машиностроение», 1967.
2. Иванов А.Г. Измерительные приборы в машиностроении. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 496 с.

## РАЗРАБОТКА СРЕДСТВА ПОВЕРКИ ВЕЛОЭРГОМЕТРОВ

Логинов Р.Н.

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

Кафедра измерительных информационных систем и технологий  
МГТУ «СТАНКИН»

Разработана схема и выбраны комплектующие российского производства для сборки средства поверки медицинских велоэргометров (рис. 1) согласно пункту 1.5 постановления Правительства Российской Федерации от 16.11.2020 № 1847 (табл. 1).

Поз	Наименование	Кол-во	Значения
1	Асинхронный двигатель	1	380В 1000 об/мин 2,2 кВт
2	Червячный редуктор	1	200 Н*м 30–140 об/мин
3	Муфта	3	
4	Датчик крутящего момента	1	До 1000 Н*м
5	Корпусные подшипники на лапах	2	

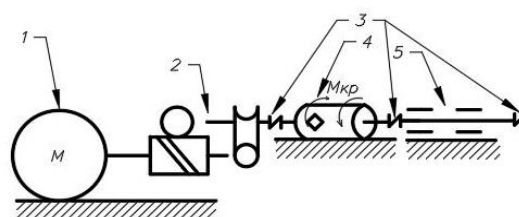


Рис. 1. Кинематическая схема средства поверки велоэргометров

Таблица 1.

Метрологические требования к измерению дозированной по мощности физической нагрузки

Наименование вида измерения	Обязательные метрологические требования к измерениям	
	диапазон измерений	погрешность
1. Измерения при осуществлении деятельности в области здравоохранения		
1.5. Измерение дозированной по мощности физической нагрузки	от 7 до 100 Вт вкл.	2%
	свыше 100 до 500 Вт вкл.	3%
	свыше 500 до 1000 Вт	5%

Разработано руководство по эксплуатации на средство поверки, включающее в себя:

1. Описание конструкции;
2. Описание подключения к велоэргометру при подготовке к поверке;
3. Методику выполнения поверки.

**Библиографический список:**

1. Постановление Правительства РФ от 16 ноября 2020 г. N 1847.
2. Тавровская Т.В. Велоэргометрия. – Санкт-Петербург: ИНКАРТ, 2007. – 134с.
3. Афанасьев В. В. Спортивная метрология. – Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2009. – 242 с.

---

**РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ 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. В данной работе рассматривается разработка автоматизированной системы, предназначенной для распознавания показаний цифровых измерительных приборов, использующих семисегментные дисплеи. Разработка такой системы актуальна для различных областей науки и промышленности, где требуется оперативное и точное считывание данных без участия человека.

Цель работы – создать программное обеспечение, которое с высокой точностью распознает цифровые значения, отображаемые на семисегментных индикаторах, и преобразует их в текстовый формат для дальнейшей обработки.

Для реализации системы были использованы методы компьютерного зрения и машинного обучения. Предобработка изображений осуществляется с помощью библиотеки OpenCV: выполняется нормализация яркости, удаление шумов и выделение области семисегментного дисплея. Для распознавания цифр применяется сверточная нейронная сеть (CNN), обученная на специализированных наборах данных. Модель была разработана с использованием фреймворков TensorFlow и PyTorch, что позволило добиться высокой точности распознавания. В качестве основного языка программирования использован Python, обеспечивающий гибкость и удобство интеграции различных модулей системы.

Разработанная система обладает высокой точностью распознавания, которая составляет не менее 98%, что делает ее надежным инструментом для автоматизации процесса считывания данных. Она поддерживает обработку изображений в популярных форматах, таких как JPEG и PNG, что позволяет работать с разнообразными источниками визуальной информации. Система способна функционировать с изображениями, полученными с различных типов камер, включая смартфоны, веб-камеры и промышленные камеры, обеспечивая гибкость и универсальность в применении.

Автоматизация процесса считывания показаний позволяет минимизировать ошибки, вызванные человеческим фактором, а также ускорить обработку данных в метрологических и промышленных приложениях. Разработанная система может применяться 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 МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ МНОГОМЕРНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

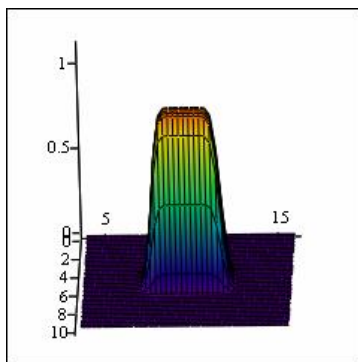
*Мамилов Т.М.*

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

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

В современном мире технологического прогресса и огромного количества технически оснащенного оборудования, нельзя обойтись без контроля изготавливаемой продукции. При контроле происходит проверка выполнения требований к параметрам, характеризующим качество произведенных изделий.

При контроле возможны ошибки в результате различных факторов, таких как: погрешности используемых средств измерений, недостатки методики, человеческий фактор и т.д. Ошибочное признание бракованного изделия годным (ошибка второго рода) влечет за собой некорректную работу оборудования и выход его из строя, ошибочное забракование изделия (ошибка первого рода) приводит к повышению затрат на его перепроверку и ремонт, поэтому встает вопрос повышения достоверности контроля.



**Рис. 1. График вероятности признания изделия годным по двум параметрам**

В качестве количественных характеристик достоверности контроля выступают средние вероятности ошибок первого и второго рода.

В работе рассмотрены различные способы повышения достоверности контроля: многократные измерения, повторный контроль признанных годными изделия, а также введение приемочных границ. Все перечисленные способы являются верными помощниками в задаче повышения достоверности измерительного контроля. Для каждого способа выведены формулы вероятностей признания изделия годным и его забракования, а также формулы средних вероятностей ошибок.

Для демонстрации результатов использования способов повышения достоверности рассмотрен измерительный контроль по двум параметрам, для которого построены графики вероятностей признания и забракования изделий, найдены средние вероятности ошибок.

### **Библиографический список:**

1. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.
2. ГОСТ Р 8.731-2010. Системы допускового контроля. Основные положения.
3. ГОСТ 8.051-81 «ГСИ. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм».
4. Марков Н.Н., Кайнер Г.Б., Сарцедотов П.А., «Погрешность и выбор средств при линейных измерениях», стр. 7-49.

## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХКООРДИНАТНОЙ ОПТОЭЛЕКТРОННОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО МИКРОСКОПА

*Мартынова И.А.*

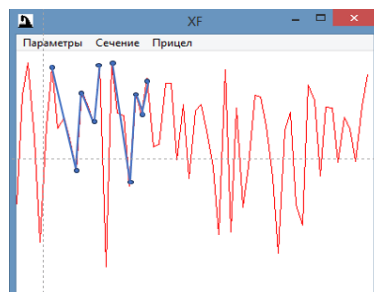
*Научный руководитель: Шулепов А.В. – к.т.н., доцент*

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

В современном мире измерительные микроскопы играют фундаментальную роль в научных исследованиях и промышленных приложениях, позволяя рассматривать и анализировать объекты на микроскопическом уровне. Одним из ключевых аспектов, влияющих на эффективность и полноту исследований, является нахождение третьей координаты Z, перпендикулярной поверхности образца.

Объектом исследования в данной работе является универсальный измерительный микроскоп УИМ-21. Основной задачей исследований данной работы является поиск критериев сравнения яркостных профилограмм шероховатости при определении сфокусированности микроскопа на поверхности с использованием фрактального анализа.

Фрактальный анализ яркостной профилограммы, полученной с помощью микроскопа, дает возможность количественно оценить сложность и текстуру поверхности или структуры исследуемого объекта. Вместо визуального анализа, который часто бывает субъективным, он предоставляет числовые характеристики, описывающие пространственную организацию яркости в изображении. Это позволяет объективно характеризовать текстуру, выявлять скрытые закономерности в распределении яркости, дифференцировать объекты с похожей морфологией и автоматизировать процесс анализа изображений.



**Рис. 1. Пример самоподобия яркостной профилограммы**

Благодаря своей способности выявлять тонкие различия и закономерности, фрактальный анализ яркостной профилограммы играет критически важную роль в повышении точности и объективности микроскопических исследований.

### **Библиографический список:**

1. Mandelbrot, B.B. (1982). The fractal geometry of nature. WH Freeman.
2. Балханов В.К. Математические основы фрактального исчисления // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2007. – № 11. – С. 21–27.
3. Глубоков А.В., Емельянов П.Н., Шулепов А.В., Глубокова С.В., Липатова А.Б. Методы и средства измерений, испытаний и контроля: уч. пособие к лабораторному практикуму. Часть 1. – М.: ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», 2016. – 98 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ДЕФЕКТОВ ПОКРЫТИЙ

*Махмудов Э.Р.О.*

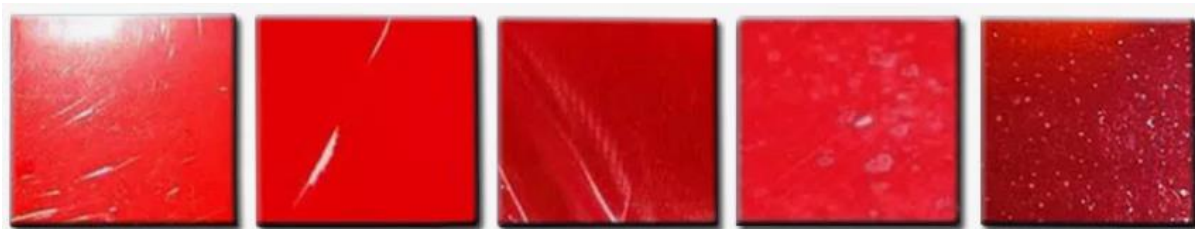
*Научный руководитель: Глубоков А.В. – к.т.н., доцент*

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

Современный мир требует эффективных решений в области управления информацией. Развитие технологий позволяет автоматизировать процессы обработки данных, улучшая их доступность и точность. В данной работе рассматриваются основные тенденции в развитии цифровых технологий и их влияние на сферу управления.

Одной из ключевых тенденций является внедрение алгоритмов машинного обучения для автоматической обработки информации. Они позволяют анализировать большие объемы данных и прогнозировать тенденции. Использование облачных сервисов значительно упрощает работу с данными и обеспечивает их безопасность. Одной из задач, требующих внедрения алгоритмов машинного обучения, является обработка изображений.

В современной практике широко применяются лакокрасочные покрытия. В нормативных документах определены требования к покрытиям и виды дефектов, примеры которых приведены на рис. 1.



**Рис. 1. Примеры дефектов лакокрасочных покрытий**

Разработка автоматизированной системы распознавания видов дефектов, их расположения и размеров, построенная на машинном обучении, значительно упростит принятие решений при анализе качества покрытий.

Для реализации системы проводится разработка и обучение модели сверточной нейронной сети (CNN) для автоматического распознавания дефектов на покрытиях. Для реализации модели используются библиотеки OpenCV и PyTorch.

### ***Библиографический список:***

1. Брин Б., Пейдж Л. Искусственный интеллект и его применение в цифровой экономике. – М., 2022.
2. ГОСТ 9.072-2017. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Термины и определения.

---

**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.

Планируется выполнение математического моделирования измеренных профилей с целью выявления взаимосвязи между характеристиками спектров и положением цилиндрических поверхностей. Для проверки полученных результатов предполагается проведение измерений 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.

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ ВНУТРИРОТОВОГО КОМПРЕССИОННО-ДИСТРАКЦИОННОГО АППАРАТА НА ВСЕХ ЭТАПАХ ПРОИЗВОДСТВА**

*Медведева Д.С.*

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

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

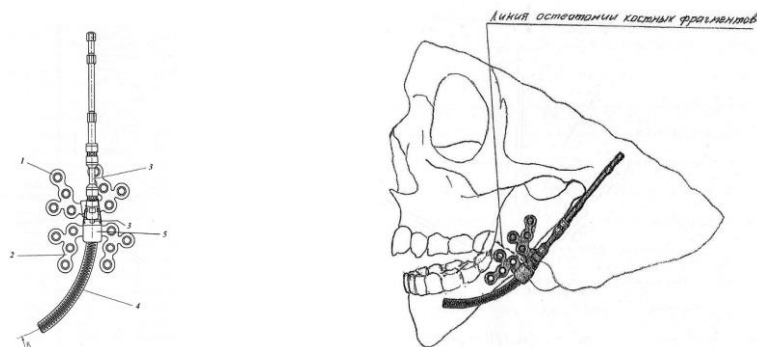
В наше время сохраняется немалое количество людей, страдающих дефектами нижней челюсти. Такого рода дефекты могут быть врожденными или приобретенными, например, после перенесенных воспалительных заболеваний в челюстных костях, удаления новообразований или тяжелых травм челюстно-лицевой области. Наличие дефектов нижней челюсти несет за собой не только эстетические неудобства, но и нарушение жевательного процесса.

Для реабилитации пациентов со значительной атрофией альвеолярной части челюсти часто применяется метод distractionного остеосинтеза. Благодаря этому методу врачам удается устранять дефект кости без применения костной пластики. Метод заключается в установке компрессионно-дистракционного аппарата на тело нижней челюсти пациента для последующего ее удлинения.

Существуют различные варианты компрессионно-дистракционных аппаратов. Они отличаются конструкцией, методами установки и способами проведения дистракции.

В данной статье рассматривается актуальный вопрос, касающийся методики контроля медицинского внутриротового устройства для distractionного остеосинтеза на всех этапах производства. Для анализа взят внутриротовой компрессионно-дистракционный аппарат для замещения дефектов нижней челюсти производства компании «Конмет».

Данное медицинское устройство представляет собой подвижную конструкцию, собранную из нескольких деталей, прошедших различные виды обработки (токарную, фрезерную, слесарную, сварочную, термообработку и др.). На каждом этапе производства крайне важно внимательно и качественно проконтролировать те или иные параметры, чтобы на выходе получить качественное, безопасное и работоспособное устройство.



**Рис. 1. Внутриротовой компрессионно-дистракционный аппарат**

**Библиографический список:**

1. «Внутриротовой компрессионно-дистракционный аппарат для замещения дефектов нижней челюсти» [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2772023C1\\_20220516](https://yandex.ru/patents/doc/RU2772023C1_20220516).
2. «Применение distractionного метода у пациентов при дефектах и атрофии альвеолярной части челюстей. Учебно-методическое пособие» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://igorklipa.com/>.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЛАЗЕРНОЙ ОПТОЭЛЕКТРОННОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

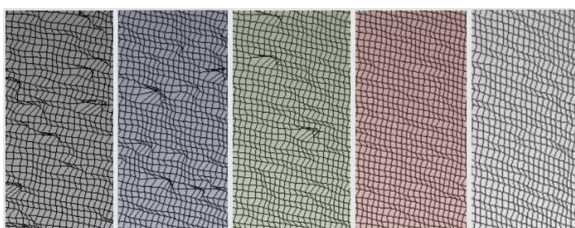
*Моисеева В.Д.*

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

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

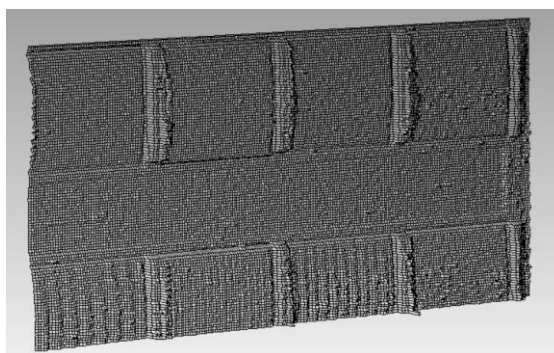
Наибольшее влияние на результаты работы лазерной оптоэлектронной сканирующей системы оказывают неровности поверхности (шероховатость) и цвет измеряемого объекта.

Наибольшие отклонения профиля от прямолинейности имеют участки, окрашенные в черный, синий и зеленый цвета, это объясняется слабой отражательной способностью данных цветов.



**Рис. 1. Объемная модель поверхности, окрашенной в разные цвета**

Удалось выяснить, что лазерные оптоэлектронные сканирующие системы не обладают достаточной разрешающей способностью для получения точной модели шероховатой поверхности с высоким классом точности. Но это одновременно является и преимуществом – такая шероховатость поверхности не будет влиять на точность получаемой модели.



**Рис. 2. Модель образца шероховатости точения**

Для минимизации влияния этих факторов на результаты измерений необходимо предварительно подготавливать измеряемую поверхность, например, покрывать ее матирующим составом (если допустимо) для выравнивания отражающих свойств или проводить сканирование под разными углами для снижения влияния теней и неровностей поверхности.

### **Библиографический список:**

1. Григорьев, А.Я. Физика и микрогеометрия технических поверхностей / А.Я. Григорьев. – Минск: Беларуская навука, 2016. – С. 152–159.
2. Кучин, А.А. Оптические приборы для измерения шероховатости поверхности / А.А. Кучин, К.А. Обрадович. – Л.: Машиностроение: Ленингр. отделение, 1981. – 197 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИК АНАЛИЗА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ  
НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

*Мурашко Г.В.*

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

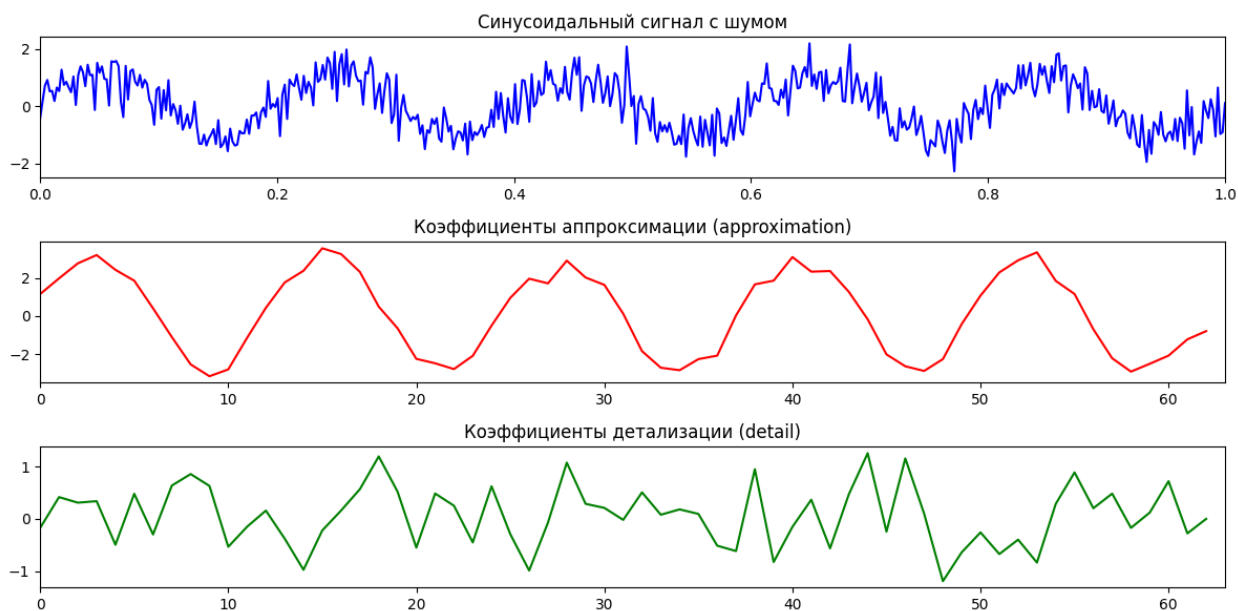
*Кафедра измерительных информационных систем и технологий  
МГТУ «СТАНКИН»*

В современных технологиях применение вейвлет-преобразований при анализе измерительных сигналов играет ключевую роль в выделении и анализе скрытых закономерностей, содержащихся в данных.

Вейвлет-преобразования обладают способностью локализации во временной и частотной областях, что делает их особенно эффективными при анализе сложных сигналов с переменной частотой и амплитудой, таких как измерительные сигналы в машиностроении.

Настоящее исследование направлено на изучение возможностей применения вейвлет-преобразований для анализа измерительных сигналов на машиностроительных предприятиях.

Разработано программное обеспечение, позволяющее применить вейвлет-преобразования для выявления характеристик измерительных сигналов, таких как периодичность, амплитуда и форма импульсов.



**Рис. 1 Зашумленный и обработанный гладкий сигнал**

Результаты данного исследования могут быть полезны для улучшения точности измерений, оптимизации производственных процессов и повышения качества продукции на машиностроительных предприятиях.

***Библиографический список:***

1. R. Polikar The wavelet tutorial. Iowa State University. 2006

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ В ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ

*Мутлак С.*

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

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

В системах активного контроля линейные перемещения преобразуются в сигналы, удобные для связи с системами управления станками. Для этого применяются измерительные преобразователи различной природы. Наиболее часто используются электроконтактные, пневматические, индуктивные, фотоэлектрические и другие измерительные преобразователи.

Принцип работы электроконтактного преобразователя основан на восприятии контролируемых перемещений (размеров) и их преобразовании в дискретный сигнал (команды) при определённых значениях путём замыкания и размыкания контактов.

Цель данной работы заключается в изучении ошибок измерения, возникающих в электроконтактных преобразователях, и разработке методов их минимизации. Определение факторов, влияющих на точность измерений, позволит повысить качество продукции и эффективность использования измерительных систем в промышленности.

В результате проведённого исследования установлено:

Основными источниками ошибок являются износ контактов, механические вибрации и температурные изменения.

Применение специальных демпфирующих материалов и регулярное обслуживание контактов позволило снизить ошибку.

Таблица 1.

*Таблица классификации ошибок*

Тип ошибки	Причина Возникновения	Способы устранения
Износ контактов	Длительная эксплуатация	Регулярное обслуживание
Механические вибрации	Внешние воздействия	Применение демпферов
Температурные изменения	Перепады температуры	Использование термостабилизации
Электромагнитные помехи	Внешние источники электромагнитного поля	Экранирование системы

Проведённое исследование подтвердило, что точность электроконтактных преобразователей можно повысить за счёт использования современных материалов, регулярного обслуживания и внедрения цифровых технологий коррекции ошибок. Это позволит значительно улучшить качество измерений в промышленных условиях и повысить эффективность работы измерительных систем.

### ***Библиографический список:***

1. Гостев В.В. "Методы и средства измерений". Москва: Машиностроение, 2015.
2. Иванов А.Н. "Современные технологии измерений". Екатеринбург: УралТех, 2020.

## РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ПОВОРОТНОЙ ПЛАТФОРМЫ

*Мухамед В.А.А.-Б.*

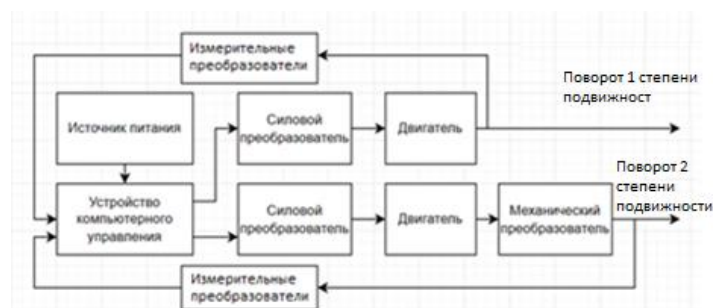
*Научный руководитель: Мастеренко Д.А. – д.т.н., профессор*

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

На современном этапе развития промышленности в России остро стоит задача повышения производительности труда, что, в свою очередь, обуславливает важность создания безлюдных производств. При диспетчеризации и мониторинге таких производств важно иметь не только возможность удалённого наблюдения за общей обстановкой, но и о получать информацию о взаимном положении различных материальных объектов между собой [1].

С целью обеспечения указанных возможностей производится разработка информационно-измерительной системы, представляющей собой роботизированную платформу видеокамерой и средствами измерения углов ориентации. Такая система позволит путём последовательного наведения на объекты и измерения угловых координат определять их взаимное положение и направления перемещения. В ходе исследований сформулированы требования к разрабатываемой системе, в частности:

1. Две степени подвижности; не менее одной видеокамеры;
2. Масса – не более 3,5 кг;
3. Грузоподъёмность – не менее 1 кг;
4. Погрешность позиционирования по каждой степени – не более  $\pm 0,5$  градуса;
5. Скорость поворота – не менее  $\pi/2$  рад/с;
6. Степень защиты оболочки – IP51;
7. Рабочая температура – от  $-20$  °С до  $+40$  °С.



**Рис. 1. Структурная схема информационно-измерительной системы роботизированной платформы**

Осуществлён выбор комплектующих для аппаратной части системы: преобразователь угловых перемещений CNMAWAY E6B2-CWZ6C (максимальная частота отклика 100 кГц); оптический концевой выключатель Endstop (габариты 33\*30\*18 мм, масса 8 г); угловой датчик Холла R53B (шаг 0,88 градуса, ходом 360 градусов); видеокамера A02MT030 с дальностью измерения глубины до 10 метров и с возможностью измерения в инфракрасном спектре. Система управления платформы обеспечит совместное функционирование всех частей системы выдачу измерительной информации в вышестоящие системы.

### **Библиографический список:**

1. Elec.ru [Электронный ресурс]: электротехнический интернет-портал; обзорная статья «Опорно-поворотные устройства»; доступ к статье: <https://www.elec.ru/viewer?url=/files/2013/03/07/Oporno-povorotnye-ustrojstva.pdf>.

---

## ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИДА АППРОКСИМИРУЮЩЕЙ ФУНКЦИИ

*Надежкин А.В.*

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

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

При оценке качества аппроксимации функций с помощью нейросетей используются как традиционные численные метрики, так и специфические критерии, связанные с особенностями обучения и обобщающей способности модели.

### 1. Классические метрики ошибки

Эти метрики позволяют количественно оценить, насколько хорошо нейросеть приближает исходную функцию.

#### 1. Среднеквадратичная ошибка (MSE)

Чем меньше значение MSE, тем точнее аппроксимация.

#### 2. Средняя абсолютная ошибка (MAE)

MAE менее чувствительна к выбросам, чем MSE.

2. Критерии сложности модели - Используются для предотвращения переобучения, оценивая баланс между точностью и сложностью.

#### 1. Информационный критерий Акаике (AIC)

2. Байесовский информационный критерий (BIC) - учитывает размер выборки и более строго штрафует сложные модели, чем AIC.

3. Оценка обобщающей способности - аппроксимация должна работать не только на обучающих данных, но и на новых входах.

#### 1. Ошибка на валидационной выборке

Разница между ошибкой на обучающем наборе и валидационном показывает степень переобучения.

#### 2. Кросс-валидация (k-fold cross-validation)

Разбиение данных на k частей и обучение модели на разных подвыборках снижает зависимость от случайного разбиения.

4. Устойчивость к шуму и выбросам - Оценивается путем добавления случайного шума в тестовые данные и проверки, насколько сильно изменяются предсказания.

Лучший критерий зависит от задачи. В инженерных приложениях важны не только точность (MSE, RMSE), но и интерпретируемость, обобщающая способность (AIC, BIC) и устойчивость к шуму.

### **Библиографический список:**

1. Горбань А. Н. Обучение нейронных сетей – М.: СССР-США СП «Параграф», 1990. – 160 с.
2. Осовский Станислав. Нейронные сети для обработки информации / Перевод И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 344 с.

## СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТАХОМЕТРИЧЕСКИХ СЧЁТЧИКОВ ВОДЫ

*Неслуженко А.Ю.*

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

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

Счётчики воды на основе тахометрического механизма плотно вошли в нашу жизнь и встречаются повсеместно.

Стендовые испытания тахометрических счётчиков воды являются важным этапом разработки и проверки работоспособности этих устройств.

Используемые методы испытаний:

1. Испытания по определению погрешности измерения;
2. Испытания давлением;
3. Испытания на потерю давления;
4. Испытание на ускоренный износ.

Общие требования к испытаниям:

1. Перед проведением испытания необходимо составить его программу;
2. Качество воды (В соответствии с ГОСТ Р 50193.3-92);
3. Общие требования к испытательной установке и её расположению:
  - 3.1. Независимость от паразитных влияний (Качество исполнение тестовой установки);
  - 3.2. Групповые испытания счетчиков (В случае таковых устранить влияние счётчиков друг на друга);
  - 3.3. Контроль температуры воды во время испытаний;
  - 3.4. Место расположения (Изолированность помещения испытаний от воздействия, вызванного другими работами).



**Рис. 1. Пример испытательного стенда на погрешность измерения при помощи эталонных мер вместимости**

### ***Библиографический список:***

1. ГОСТ Р 50193.3-92 Измерение расхода воды в закрытых каналах. Счётчики холодной питьевой воды. Методы и средства испытаний. Издательство стандартов, 1992.
2. Статья "Приборы учёта воды" ГУП СК «Ставрополькрайводоканал». [Электронный источник] URL: [https://www.skvk.ru/filial/georgievskiy/for\\_abonents/counters.php](https://www.skvk.ru/filial/georgievskiy/for_abonents/counters.php).
3. ГОСТ Р 8.931-2016 Государственная система обеспечения единства измерений. Счётчики холодной и горячей воды. Определение интервала между поверками, 2016.

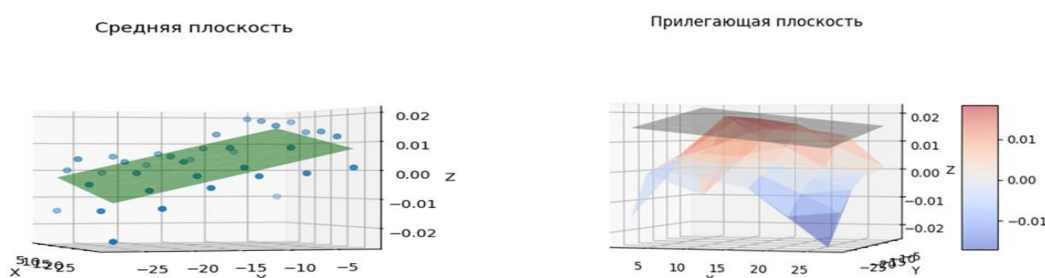
*Осипов Ф.С.*

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

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

Отклонения от плоскостности являются одним из распространенных отклонений форм деталей машиностроения. Точность измерений плоскостности на координатно-измерительных машинах зависит от количества измеренных точек. Увеличение числа точек повышает точность, но одновременно увеличивает время обработки данных. Поэтому важно оптимизировать выборку точек для сокращения вычислительных затрат без потери точности. В настоящее время известны различные стратегии выборки, наиболее обширной группой которых являются стратегии «слепой» выборки, характеризующиеся тем, что выборка точек при измерениях осуществляется «вслепую» в условиях отсутствия какой-либо информации о реальной геометрической форме измеряемого элемента.

В работе исследованы алгоритмы генерации поверхностей (random, convex, concave, local\_convex, waves) с учётом уровня шума. Для определения отклонений применены метод наименьших квадратов (compute\_mean\_plane) для построения средней плоскости и расчёта RMSE, а также метод минимаксной аппроксимации (compute\_adjacent\_plane) для построения прилегающей плоскости и оценки максимального отклонения (рис. 1).



**Рис. 1. Визуализация средней плоскости и визуализация прилегающей плоскости**

Тестировались разные стратегии выборки точек: равномерное распределение (Uniform), сетка (Grid), случайная выборка (Random) и метод наибольших отклонений (Deviation-based). Метод наибольших отклонений дал лучшие результаты для сложных поверхностей.

Средняя плоскость показывает стабильные результаты при шуме, а прилегающая лучше фиксирует локальные отклонения. Результаты подтверждают эффективность использования методов минимизации суммы квадратов и минимаксной аппроксимации для точного определения плоскостности.

#### **Библиографический список:**

1. Глубоков, А.В. Выбор методов измерений отклонений формы и расположения поверхностей / А.В. Глубоков, С.В. Глубокова // Вестник МГТУ «Станкин». – 2019. – № 1(48).
2. МИ 2007-89. Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений. Плиты поверочные и разметочные. Методика поверки. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1990.

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СКАНИРУЮЩЕЙ ОПТОЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ С ПОВЕРХНОСТЯМИ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ**

*Остроухов И.С.*

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

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

Измерение и контроль деталей со сложной геометрией представляют собой комплексную задачу, требующую тщательной методической проработки и применения высокоточного измерительного оборудования. В данном исследовании анализируются погрешности, возникающие при использовании бесконтактных лазерных 3D-сканирующих систем. Основными источниками погрешностей являются: характеристики измеряемого объекта, инструментальные погрешности многокоординатной измерительной системы сканера, методические погрешности, связанные с выбором алгоритмов сканирования и обработки координатных данных.

Для оценки влияния различных факторов на точность измерений были разработаны специализированные методики. Они включают физическое моделирование воздействия конкретных факторов с заранее известными параметрами, а также последующий анализ их влияния на геометрическую точность цифровой модели объекта. В ходе исследований использовались детали как элементарной, так и сложной формы, оснащенные аттестованными тестовыми артефактами.

В рамках экспериментального исследования был применен метод обратного инжиниринга: на станке с ЧПУ была изготовлена деталь сложной формы, после чего ее отсканировали с помощью оптоэлектронной системы. Это позволило оценить не только погрешности сканирования, но и точность воспроизведения исходной САД-модели в реальном изделии, а также выявить влияние технологических факторов на итоговые результаты измерений.

Для минимизации ошибок, возникающих при сканировании сложнопрофильных поверхностей, был применен метод сегментированного сканирования (регионального дифференцирования). Суть метода заключается в разделении объекта на отдельные зоны с оптимальными настройками сканирования для каждой области, что позволяет снизить влияние локальных искажений и оптических помех. После сканирования отдельных участков данные объединялись с использованием алгоритмов точного совмещения, что обеспечило высокую целостность итоговой 3D-модели. Такой подход позволил значительно уменьшить погрешности, связанные с вариациями отражающей способности поверхности и геометрическими особенностями детали.

***Библиографический список:***

1. Глубоков А.В., Емельянов П.Н., Шулепов А.В., Глубокова С.В., Липатова А.Б. Методы и средства измерений, испытаний и контроля. Учебное пособие к лабораторному практикуму. Часть 1 – М.: ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», 2016. – 98 с.
2. Асмаков С. Выбираем сканер – «КомпьюПресс», №12, 2010.

**РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ  
ДЛЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ**

*Паитанов В.Д.*

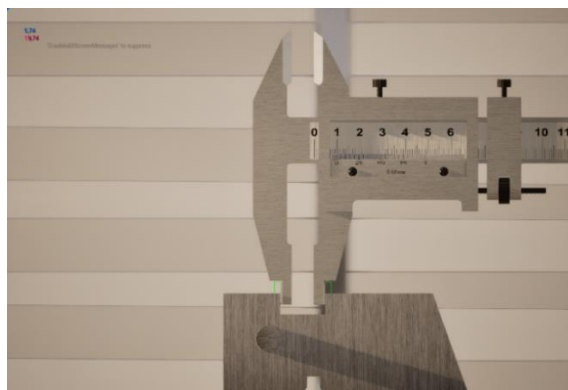
*Научный руководитель: Глубокова С.В. – к.т.н., доцент*

*Кафедра измерительных информационных систем и технологий, МГТУ*

*«СТАНКИН»*

Современные технологии цифрового моделирования и виртуальной реальности становятся неотъемлемой частью образовательного процесса. В рамках концепции Индустрии 4.0 активно развиваются виртуальные системы, позволяющие автоматизировать и совершенствовать методы обучения. Одним из таких направлений является разработка интерактивных виртуальных лабораторий, которые предоставляют безопасную и гибкую среду для освоения технических навыков измерений.

В рамках данной работы разрабатывается виртуальная лаборатория, которая позволяет пользователю выполнять виртуальные измерения, взаимодействовать с цифровой моделью штангенциркуля и изучать принципы его работы. Это дает возможность освоить методику измерения линейных размеров в удобной и наглядной форме.



**Рис. 1. Цифровая информационно-измерительная система**

Основой разработки является высокодетализированная 3D-модель штангенциркуля и алгоритмы его взаимодействия с объектами измерений. Реализована механика измерений, включающая обработку коллизий и расчет расстояний на основе трассировки. Вся логика работы прибора выполнена в игровом движке Unreal Engine 5 при помощи визуальной системы программирования Blueprint, что обеспечивает гибкость настройки и возможность расширения функционала.

Разрабатываемая информационно-измерительная система, представленная на рис. 1, предоставляет интерактивную и безопасную среду для обучения работе с штангенциркулем. Она позволяет пользователю проводить виртуальные измерения, изучать устройство прибора и осваивать принципы работы с ним. Система обладает возможностью расширения, что позволяет в дальнейшем дополнять ее другими приборами и объектами измерений, расширяя функциональные возможности.

***Библиографический список:***

1. Глубокова С.В. Взаимозаменяемость и нормирование точности: учеб. пособие / С.В. Глубокова. – М.: ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», 2020. – 92 с.: ил.
2. ГОСТ 8.113-85. Штангенциркули. Методика поверки.
3. ГОСТ Р 57700.37-2021. Цифровые двойники изделий. Общие положения.

## РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ПРЕДСКАЗАТЕЛЬНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ КАМЕР

*Прокофьева П.В.*

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

*Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ*

*«СТАНКИН»*

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью обеспечения бесперебойной работы испытательного оборудования, которое играет критически важную роль в различных отраслях промышленности. Особое внимание уделяется климатическим камерам, используемым для моделирования экстремальных условий окружающей среды. Такое оборудование требует регулярной аттестации и технического обслуживания, что связано с существенными временными и финансовыми затратами. В связи с этим, поиск эффективных решений для минимизации простоев, снижения затрат на ремонт и оптимизации процессов обслуживания является одной из приоритетных задач для предприятий. Одним из перспективных подходов к решению данной проблемы является внедрение системы предиктивного (прогнозного) обслуживания, которая позволяет непрерывно мониторить состояние оборудования, прогнозировать возможные сбои и предотвращать их до возникновения критических ситуаций.

Целью работы является разработка и внедрение системы предиктивного обслуживания климатических камер. Данная система направлена на обеспечение непрерывной работы оборудования, снижение затрат на техническое обслуживание и ремонт, а также минимизацию времени простоя.

Пути решения проблемы: автоматизация анализа параметров оборудования в процессе периодической аттестации с использованием специализированного программного обеспечения и контрольных карт Шухарта, что позволяет выявлять отклонения в работе оборудования на ранних стадиях.

На рис. 1 представлено сравнение традиционных стратегий обслуживания (реактивного и профилактического) с предложенной стратегией предиктивного обслуживания, что наглядно демонстрирует преимущества последней в контексте минимизации затрат и повышения надежности оборудования.



**Рис. 1. Разница между стратегиями технического обслуживания**

### **Библиографический список:**

1. Скворцова, Ю.В. Инженерная оценка параметров климатических камер при аттестации / Ю.В. Скворцова, В.Л. Скрипка // Приборы. – 2020. – № 7(241). – С. 35–39.

---

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ  
С ПОМОЩЬЮ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ**

*Ремизов Д.А.*

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

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

Шероховатость поверхности – это один из наиболее важных параметров, определяющих качество изделий. Шероховатость описывает микронеровности поверхности, которые влияют на эстетические и функциональные свойства изделий. Например, из-за высокой шероховатости может увеличиться износ деталей, деталь будет более подвержена коррозии, увеличится риск возникновения трещин и сколов в движущихся объектах.

Шероховатость получается при обработке поверхности и зависит от параметров технологического процесса, а также возникает в результате эксплуатации готовых изделий.

Одной из характеристик, используемых для описания шероховатости, является автокорреляционная функция, которая может быть получена как для профиля, так и для поверхности. Она позволяет выполнить исследование шероховатости с точки зрения анализа случайных функций. Автокорреляционная функция является мерой того, насколько схож профиль или рельеф поверхности на заданном расстоянии от исходного местоположения.

Автокорреляционная функция содержит информацию о шаговых параметрах неровностей, о периодических и случайных составляющих рельефа поверхности.

На основе автокорреляционной функции определяют ряд параметров шероховатости: длину автокорреляции, соотношение геометрических размеров структуры.

***Библиографический список***

1. ГОСТ 25142-82 Шероховатость поверхности. Термины и определения.
2. Д. Уайтхауз – Метрология поверхностей. Принципы, промышленные методы и приборы: Научное издание / Д. Уайтхауз. – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2009. – 472 с.
3. Дунин-Барковский И.В., Карташова А.Н. Измерения и анализ шероховатости, волнистости и некруглости поверхности. – М.: Машиностроение, 1978. – 232с.: ил
4. Марков Б.Н. Преобразование измерительных сигналов: учебное пособие / Б.Н. Марков. – Старый Оскол: ТНТ, 2008. – 304 с.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ НА ОСНОВЕ ТРИАНГУЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ, ИНТЕГРИРОВАННОЙ С КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫМ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ МИКРОСКОПОМ

*Сабуров А.М.*

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

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

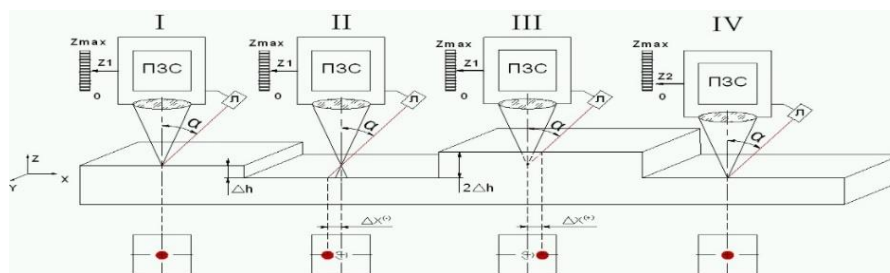
Одним из методов измерения координаты  $Z$  является триангуляционный метод. Он основан на определении смещения пятна от подсвечивающей системы в плоскости измерения, вызванного изменением положения данной плоскости (рис. 1). Для работы данного метода, на визирный микроскоп монтируется подсвечивающая система, способная излучать индикаторный луч, формирующий на измеряемой поверхности световое пятно. Рассмотрим работу такой системы. Индикаторный луч падает под углом  $\alpha$  к оптической оси микроскопа, и используемый объектив характеризуется масштабным коэффициентом  $k$ . При точном наведении на резкое изображение измеряемой поверхности пятно располагается в точке фокуса оптической системы визирного микроскопа и соответственно в центре поля зрения (в перекрестии). Тогда вертикальное смещение  $\Delta h$  измеряемой поверхности приведет к перемещению  $\Delta X$  центра изображения пятна в поле зрения влево (при смещении вниз, рис. 1-II) или вправо (при смещении вверх, рис. 1-III), и искомую величину  $\Delta h$  можно будет вычислить как:

$$\Delta h = \Delta X \cdot k \cdot \operatorname{ctg} \alpha \quad (1)$$

Возможно использовать два режима измерений при работе с данным методом. Первый режим (рис. 1-II, 1-III) основан на определении перепада  $\Delta h$  высот по координате  $Z$  по смещению  $\Delta X$  центра пятна от перекрестия в соответствии с зависимостью (1).

Второй режим (рис. 1-IV) основан на удержании центра пятна от подсвечивающей системы в центре поля зрения за счет смещения визирного микроскопа вдоль его оптической оси. Тогда искомое вертикальное смещение  $\Delta h$  измеряемой поверхности может быть вычислено как разность координат визирного микроскопа по координате  $Z$  в первом положении (рис. 6-I) и втором положении (рис. 6-IV), т.е. по формуле:

$$\Delta h = Z_2 - Z_1 \quad (2)$$



**Рис. 1. Принципиальная схема проведения измерений координаты  $Z$  с использованием триангуляционного метода**

Также на основе триангуляционного метода можно построить профилометр, по форме пятна судить о шероховатости и угле наклона поверхности объекта измерений.

### **Библиографический список:**

1. Телешевский В.И., Шулепов А.В., Красюк О.Ю. Компьютеризация измерительных микроскопов с цифровым анализом изображений // Измерительная техника. – 2006. – № 8. – С. 39-42.

---

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ НА ТОЧНОСТЬ  
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, чем КИМ. Однако у таких систем есть факторы, сильно влияющие на точность измерений. Одним из таких факторов является шероховатость поверхности.

Шероховатость поверхности играет значительную роль в точности лазерного сканирования, что напрямую влияет на качество и достоверность получаемых трехмерных моделей. Лазерные сканирующие оптоэлектронные системы анализируют поверхности, регистрируя отраженные от них лазерные импульсы, и их точность может существенно изменяться в зависимости от текстуры и микронеровностей обрабатываемых поверхностей.

Для оценки влияния шероховатости на результаты сканирования необходима комплексная исследовательская работа, включая профильное измерение с использованием специализированных лазерных сканеров. В процессе измерения важно учитывать не только геометрические параметры шероховатости, но и их влияние на отражательные свойства поверхности. Это требует разработки и внедрения алгоритмов для обработки больших массивов данных, получаемых в процессе сканирования.

Доклад посвящен исследованию зависимости точности сканирования от различных параметров шероховатости поверхности, используемых для описания структурных особенностей поверхности. Используя компьютерное моделирование и экспериментальные данные, разработаны методы коррекции и оптимизации процесса лазерного сканирования, что позволит улучшить его точность в условиях различных свойств поверхности.

Разработка исследовательской программы включает в себя использование современных высокоточных лазерных сканеров, сопряженных с ПК для обработки и анализа полученных данных, оригинальное программное обеспечение, предоставляющее пользователю инструменты для визуализации и анализа влияния шероховатости на результаты сканирования.

Результаты исследования могут послужить основой для усовершенствования лазерных сканирующих систем и создания методик, позволяющих более точно учитывать влияние поверхности на результаты сканирования, что имеет ключевое значение для многих областей применения, включая робототехнику и промышленное производство.

***Библиографический список:***

1. «Шероховатость, волнистость, профиль. Международный опыт» / А.И. Табенкин, С.Б. Тарасов, С.Н. Степанов. 2007.
2. «Измерения и анализ шероховатости, волнистости и некруглости поверхности» / И.В. Дунин-Барковский, А.Н. Карташова. – М.: Машиностроение, 1978.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПРОЦЕССОВ 3D-ПЕЧАТИ ИЗДЕЛИЙ

**Серокуров С.И.**

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

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

Современные технологии 3D-печати активно применяются в различных отраслях промышленности, включая машиностроение, медицину и авиакосмическую сферу. Однако одной из ключевых проблем остается недостаточная точность напечатанных изделий, что ограничивает возможности их использования в высокоточных областях. Основными источниками погрешностей являются температурные колебания, механические деформации, недостаточная калибровка оборудования и свойства используемых материалов.

Целью данной работы является анализ существующих методов повышения точности 3D-печати, а также разработка возможных путей решения данной проблемы. В качестве объекта исследования рассматривается опытный 3D-принтер Vison 3 от компании 3DIY.

В таблице 1 представлены результаты измерения тестовой модели, напечатанной на 3D-принтере, с указанием отклонений от эталонных значений.

Таблица 1.

*Результаты измерения модели*

Параметр	Эталон, мм	Значение, мм	Δ, мкм
XWS	15	14,92	80
XWL	15	14,88	120
XLS	30	30,04	40
XLL	100	99,45	550
XLF	145	144,37	630
YWS	15	14,9	100
YWL	15	14,92	80
YLS	30	29,85	150
YLL	100	99,56	440
YLF	145	144,35	650

Как видно из таблицы, наибольшие отклонения наблюдаются при печати крупных элементов, что может быть связано с эффектами усадки материала и механическими погрешностями принтера. Данные измерения будут использованы для дальнейшей оптимизации параметров печати.

### **Библиографический список:**

- ГОСТ Р 57587-2017 «Изделия, полученные методом аддитивных технологических процессов. Методы контроля и испытаний» (ВНИИНМАШ, АО «Наука и инновации»). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data/649/64969.pdf> - Дата доступа: 21.03.2025.
- Overview of 3D additive manufacturing (AM) and corresponding AM composites, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing Volume 139, December 2020.

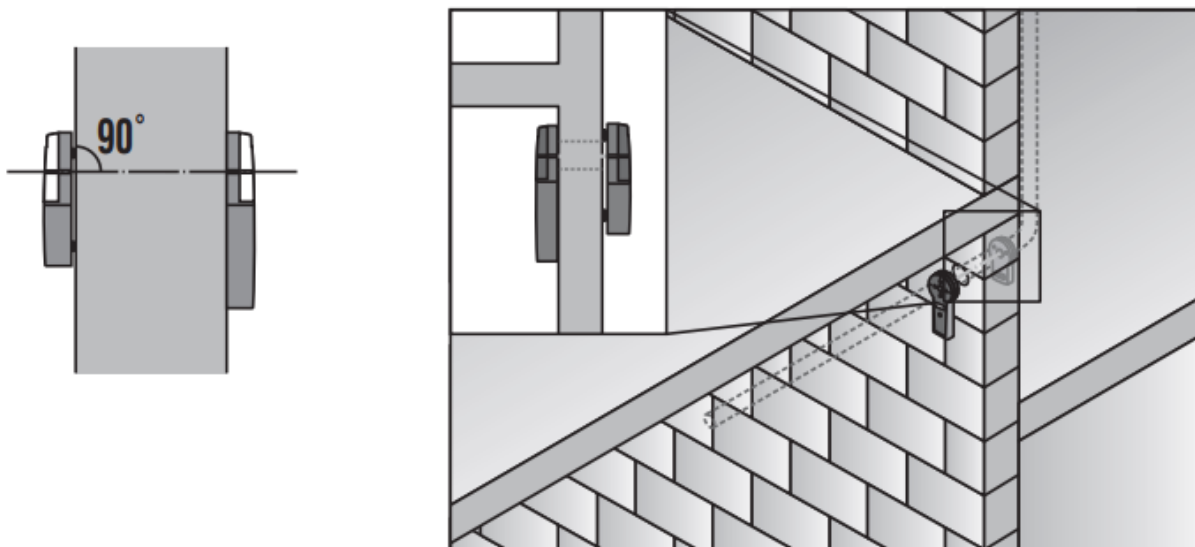
## РАЗРАБОТКА ТРАНСПОЙНТЕРА

*Смирнов Н.А.*

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

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

Работа посвящена разработке транспойнтера. Транспойнтер (от лат. trans «через» + англ. point «точка») – устройство, выполненное в виде передатчика и приёмника (рис. 1), предназначенное для выполнения нивелировочных работ при строительстве, например - позиционирование буровых установок при алмазном бурении отверстий. Позиционирование осуществляется за счёт прикладывания передатчика к точке требуемого выхода отверстия, приёмник располагается на противоположной стороне поверхности от передатчика и детектирует сигнал. За счёт определения центра испускаемого сигнала от передатчика, приёмник способен довольно точно определить местоположение точки на противоположной стороне поверхности. Точка будет лежать на перпендикуляре испускаемым из передатчика, относительно поверхности стены.



**Рис. 1. Пример практического применения транспойнтера**

Принцип работы транспойнтеров основан на детектировании приёмником центра испускания электромагнитного излучения передатчика. Данные приборы широко востребованы при строительстве и выполнении ремонтных работ. Рассмотрены принципы действия транспойнтеров [1] и изучено внутренне устройство (с разбором) действующих моделей зарубежных фирм. Создана электромагнитная система позиционирования и приведено описание её работы.

**Библиографический список:**

1. Pavel Ripka. Magnetic Sensors and Magnetometers. Measurement Science and Technology, 2002.

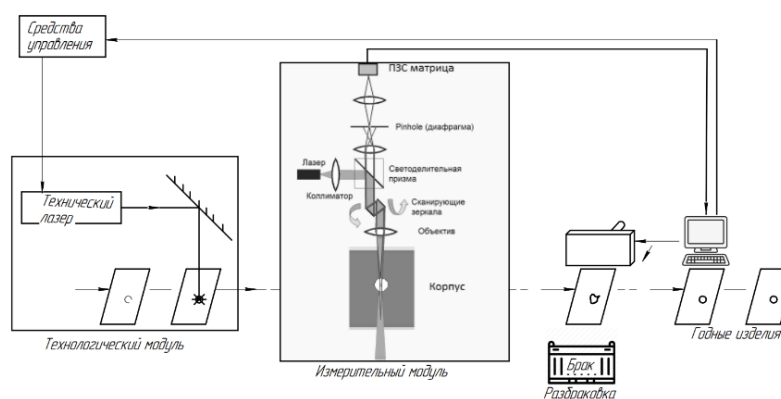
## МИКРОСКОПИЧЕСКАЯ ОПТОЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА С ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКОЙ ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ МАЛЫХ ОТВЕРСТИЙ

**Соколов С.П.**

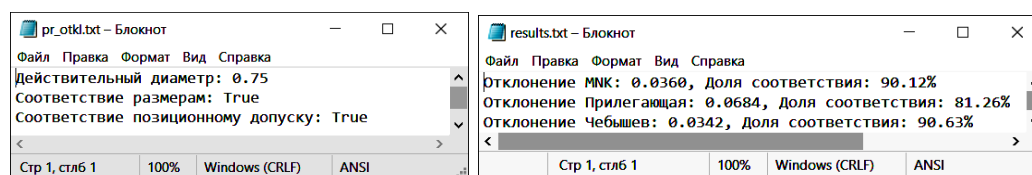
*Научный руководитель: Шулепов А.В. – к.т.н., доцент*

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

В условиях массового производства деталей, где требуется высокая точность изготовления и скорость их контроля. Одной из наиболее трудных областей контроля является измерение отверстий сравнительно небольших диаметров. Допуски на погрешность измерения диаметров этих отверстий составляют малые величины. В ходе статьи будут рассмотрены основные способы измерения малых отверстий: контактные, бесконтактные и оптические. Целью данной работы является разработка системы контроля отверстия произвольной формы, полученного путем лазерной пробивки, факта его наличия, диаметра по выбранным критериям, его отклонения от заданной формы, площади сквозного отверстия, расположения центра обусловленных базовых сторон «А» и «Б», в корпусах химических источников напряжения при автоматизированном производстве.



**Рис. 1. Схема производства корпусов и контроля отверстий в них**



**Рис. 2. Автоматически сформулированные отчеты о соответствии пробитого отверстия заданным параметрам размера и формы**

В ходе работы было разработано программно-математическое и метрологическое обеспечение для анализа параметров отверстия: размера, площади, доли соответствия форме и положения относительно краев детали, по которым делается заключение о годности и при необходимости вносятся поправки на технологический лазер через систему управления.

### **Библиографический список:**

1. Григорьев И.А. Измерение малых отверстий. – М.: ОБОНГИЗ, 1953. – 116 с.

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ  
ДЛЯ СКАНИРОВАНИЯ ПОЛЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ КОНТАКТНОГО  
ИНТЕРФЕРОМЕТРА УВЕРСКОГО**

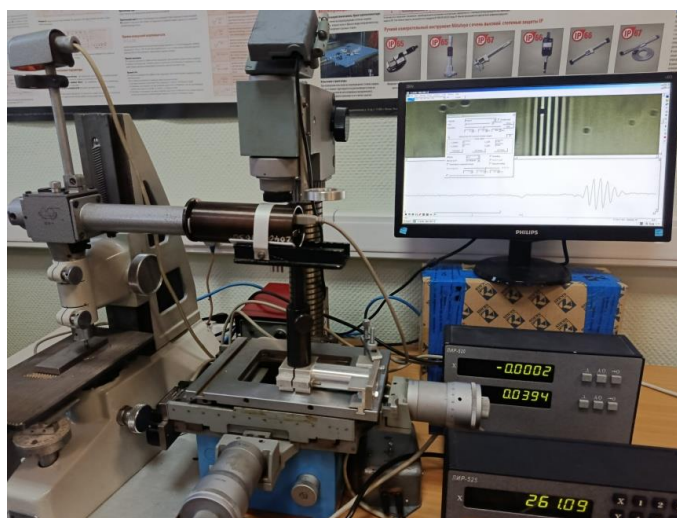
*Сомов А.А.*

*Научный руководитель: Забелин А.В. – ст. преподаватель*

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

Компьютеризированный интерферометр Уверского (ИКПВ-К) позволяет измерять концевые меры длины с погрешностью  $\pm 0,06$  мкм (относительный метод). Для увеличения диапазона измерения ИКПВ-К необходимо учитывать особенности процесса получения интерференции в белом свете. Соответствующие закономерности можно количественно описать, если достаточно точно построить спектр интерферограммы.

Установка (рис. 1) позволяет проецировать различные участки поля интерференции на ПЗС-матрицу разрешением 1392x1032 пикселей, и тем самым получать изображение поля зрения размером 20x20 мм (~5,5x5,5 тыс. пикселей). На снимаемой камерой интерферограмме будет неизбежно появляться шум (фоновое освещение источника света установки, свет внешних источников света, неидеальность форм деталей установки). Уменьшить шум можно с помощью интерполяции кубическими сплайнами значений градаций яркости (сплайны позволяют использовать любое количество промежуточных точек).



**Рис. 1. Экспериментальная установка**

Применение данной установки увеличило разрешение интерферограммы в 2 раза в сравнении со стандартной версией ИКПВ-К, что позволило уточнить зависимость угла наклона линейной части спектра фаз от положения измерительного наконечника. Целесообразно использовать эту зависимость как основу для алгоритма процедуры вычисления положения ахроматической полосы в режиме измерения с ценой деления 0,2 мкм.

***Библиографический список:***

1. Интерферометры. Основы инженерной теории, применение / Коломийцов Ю.В. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1976. – 296 с.
2. Решение задач аппроксимации с помощью персональных компьютеров / Носач В.В. – М.: МИКАП, 1994. – 382 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЛОКОВ ПИТАНИЯ  
СПЕЦИАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

*Степанов А.А.*

*Научный руководитель: Серко Н.Б. – ст. преподаватель*

*Кафедра информационно-измерительных систем и технологий  
МГТУ «СТАНКИН»*

В современном мире постоянно возрастают требования к точности, стабильности и надежности специальных изделий, эксплуатация которых осуществляется в сложных климатических и технических условиях. Недостаточная изученность метрологических характеристик блоков питания приводит к снижению общей эффективности и надежности специализированной аппаратуры.

Целью работы является исследование метрологических характеристик блоков питания специальных изделий и разработка рекомендаций по их улучшению.

Для достижения поставленной цели мною был проведен анализ метрологических характеристик существующих моделей блоков питания, которые используются непосредственно на промышленных предприятиях. Изучены принцип действия, работа и конструктивные особенности приборов. Также было произведено сравнение с зарубежными аналогами с последующим выявлением преимуществ и недостатков обоих приборов.



**Рис. 1 БПС 3000-380/24В-100А-14**



**Рис. 2 QJE QJ3005C**

Результаты работы могут быть использованы при проектировании и эксплуатации блоков питания, предназначенных для специальной аппаратуры, и способствуют повышению её точности, надёжности и долговечности.

***Библиографический список:***

1. Радкевич Я.М., Метрология, стандартизация и сертификация // Учебник. 5-е изд., 2013.
2. Ефимов И.П. Источники питания: учебное пособие // Издательство УлГТУ, 2002.

## РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ИЗНОСА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

*Суворова М.С.*

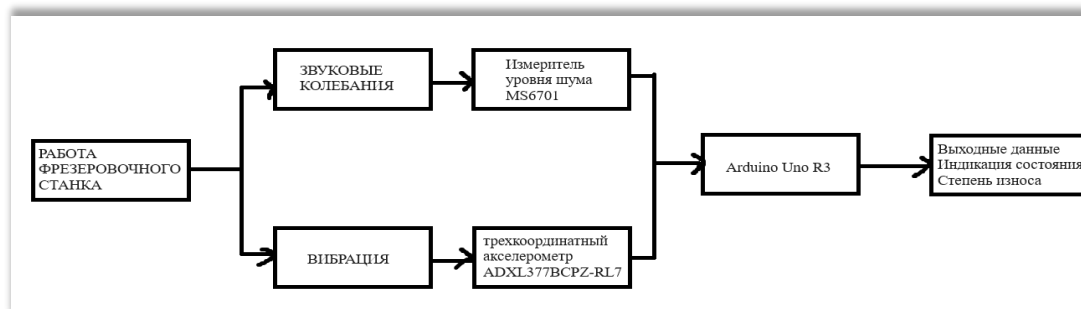
*Научный руководитель: Пимушкин Я.И. – к.т.н., доцент*

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

Режущий инструмент используется для обработки поверхностей деталей, отверстий валов и раскроя материалов. Актуальной задачей является разработка измерительной системы диагностики износа режущего инструмента. Существующие методы оценки износа подразделяются на прямые и косвенные. Приоритет отдается косвенным методам, так как они обеспечивают сохранность инструмента и заготовки. Однако при анализе данных возникают погрешности, в том числе обусловленные вибрацией станка, заготовки и инструмента, которые невозможно полностью исключить.

Разработка информационно-измерительной системы, способной минимизировать влияние внешних факторов и обеспечить высокую точность диагностики, позволит повысить эффективность контроля состояния режущего инструмента, снизить затраты на его замену и увеличить ресурс оборудования. Это особенно важно для высокотехнологичных производств, где требуется обеспечение максимальной точности и стабильности процессов обработки.

Для решения проблемы предлагается изучить вибрацию и звуковые колебания при работе фрезерного станка, разработать компактную систему анализа этих параметров с использованием датчиков (например, акселерометров и микрофонов) и провести анализ диагностики износа режущего инструмента.



**Рис. 1. Структурная схема системы контроля процесса износа режущего инструмента**

В результате исследования была разработана структурная схема измерительной системы (рис. 1). Предложенная система контроля позволяет определять степень износа режущего инструмента с минимальным влиянием погрешностей, вызванных вибрацией оборудования, что повышает точность диагностики и обеспечивает более надежную оценку состояния 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. Вибрации в технике: справочник в 6 томах. В 6 т. Т. 2 / В. Н. Челомей, Э. И. Григолюк, И. И. Артоболевский [и др.]. – Москва: Машиностроение, 1979. – 139 с.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННОГО  
ПРОФИЛОМЕТРА

Таибов Р.Д.

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

Кафедра измерительных информационных систем и технологий  
МГТУ «СТАНКИН»

Шероховатость поверхности является параметром точности изделий и определяет важные функциональные свойства поверхностей. Шероховатость представляет собой случайное поле, характеристики такого пространственного сигнала оценивают с помощью нескольких десятков параметров. Измерение параметров проводится профильным методом по сечениям поля шероховатости специальными приборами-профилометрами. Для оценивания значений статистических, геометрических особенностей шероховатости, исследования связи с функциональными свойствами поверхностей необходимо выполнять сложные вычислительные процедуры с очень большими массивами данных. Компьютеризация средств измерения шероховатости стала обязательным условием развития этой области технических измерений. В докладе рассматриваются задачи расширения возможностей ПМО измерений шероховатости, включая реализацию методов спектрального анализа. Изучение спектральных параметров позволяет получить дополнительную информацию о структуре и характеристиках поверхности, что важно для управления технологическим процессом изготовления изделий, контроля их качества.



Рис. 1. Оценка амплитудного спектра профиля шероховатости

Разработка компьютеризированного профилометра проводится на базе отечественных приборов для измерения шероховатости моделей 252 и 250 завода «Калибр», средств сопряжения с ПК «L-Card E-140». Разрабатывается оригинальное программное обеспечение на языке программирования Python, для расчета значений параметров шероховатости, протоколирования результатов и управления работой прибором от ПК оператора.

Полученные результаты могут быть полезны для проведения модернизации средств измерения шероховатости, находящихся в эксплуатации, но не имеющих вычислительных возможностей, соответствующих современным требованиям.

**Библиографический список:**

1. Измерения и анализ шероховатости, волнистости и некруглости поверхности / И.В. Дунин-Барковский, А.Н. Карташова. – М.: Машиностроение, 1978.
2. Шероховатость, волнистость, профиль. Международный опыт / А.И. Табенкин, С.Б. Тарасов, С.Н. Степанов. 2007.

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПО ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОБЪЁМНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ТРЁХКООРДИНАТНОГО СТАНКА

*Тараканов М.И.*

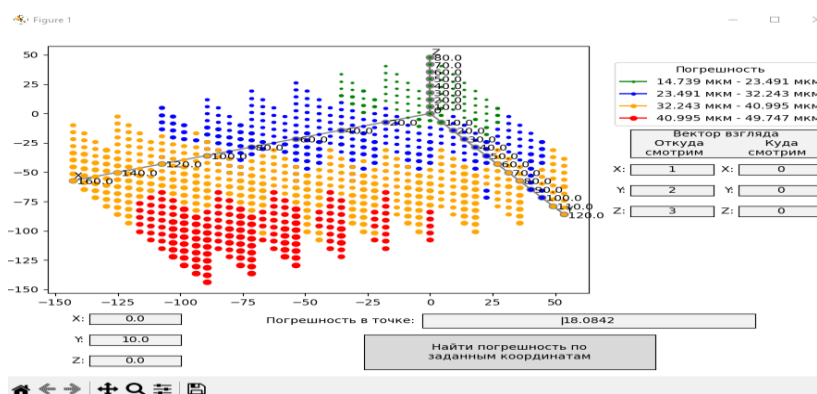
*Научный руководитель: Пимушкин Я.И. – к.т.н., доцент*

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

В настоящее время точность изготовления изделий механической обработки зависит от множества параметров, среди которых ключевым фактором является геометрическая объёмная погрешность станка – погрешность позиционирования рабочего органа в заданной точке. Однако полное описание данной погрешности требует учёта двадцати одной составляющей, что усложняет системный мониторинг состояния станка. Для решения этой задачи была предложена математическая модель, позволяющая оценить вектор смещения действительного положения инструмента относительно заданного (на холостом ходу). В связи с этим актуальной задачей является разработка программного обеспечения (ПО) для визуализации геометрической объёмной погрешности станка, включая расчёт векторов смещения и их графическое представление в виде множества точек.

Целью данной работы является разработка ПО для визуализации геометрической объёмной погрешности станка. В настоящее время подобное ПО не находит применения в промышленности, поскольку производственные процессы ориентируются на интегральные показатели точности технологического оборудования. Внедрение разработанного ПО позволит повысить точность оценки состояния станка и усовершенствовать анализ погрешностей механической обработки.

Для решения поставленной задачи были выполнены следующие этапы: изучение модели геометрической объёмной погрешности станка, выбор метода визуализации погрешности и его программная реализация. В результате было разработано ПО, интерфейс которого представлен на рис. 1. Разработанное ПО позволяет оценить распределение погрешности в заданных точках рабочего пространства и визуализировать произвольный вид рабочей области (за исключением сечений).



**Рис. 1. Интерфейс программного обеспечения по визуализации геометрической объёмной погрешности станка**

### **Библиографический список:**

1. Пимушкин Я.И., Стебулянин М.М., Мастеренко Д.А. Анализ моделей измерения и коррекции объёмной погрешности трёхкоординатного металлорежущего станка // Измерительная техника. – 2024. – Т. 73(7). – С. 35–43.

## РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ УРОВНЯ КИСЛОРОДА ПРИ СЕЛЕКТИВНОМ ЛАЗЕРНОМ ПЛАВЛЕНИИ

Федотенко Е.Д.

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

Кафедра измерительных информационных систем и технологий  
МГТУ «СТАНКИН»

В Российской Федерации актуальной проблемой является обеспечение стабильности качества процесса изготовления деталей методом селективного лазерного плавления (СЛП). Ключевым фактором, влияющим на свойства готовых изделий, является подбор оптимальных процесс-параметров для синтеза трехмерных объектов. Одной из значимых проблем в процессе плавления порошковых материалов является окисление изделий, обусловленное взаимодействием кислорода с инертным газом (аргоном) в рабочей камере. В результате химических реакций в области спекаемых деталей образуются оксиды азота ( $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$ ) в количестве превышающем допустимую концентрацию, что негативно сказывается на качестве продукции.

Целью исследования является разработка метода контроля уровня кислорода в камере селективного лазерного плавления для повышения качества изготавливаемых изделий. Внедрение данного метода позволит идентифицировать факторы, способствующие возникновению дефектов, и автоматизировать процесс улучшения качества продукции без необходимости модификации конструкции промышленного оборудования.

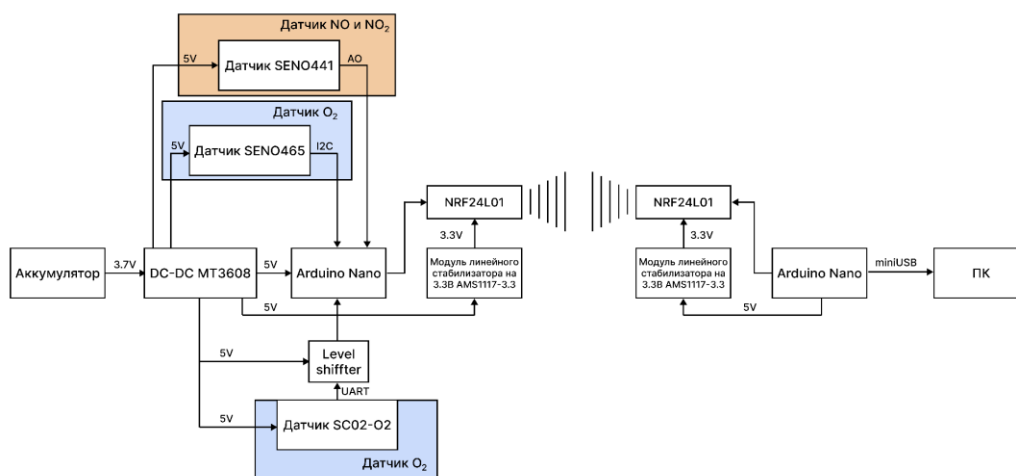


Рис. 1. Структурная схема системы активного контроля процесса селективного лазерного плавления

В рамках исследования предложена структурная схема измерительной системы, предназначенной для мониторинга остаточного кислорода в камере СЛП. Разработан метод измерения концентрации кислорода в двух критических точках камеры: дверь и положение около изготавливаемого изделия. Установлена проверка герметичности двери с допустимым показателем остаточного кислорода не более 0,1 %.

### Библиографический список:

1. С. D. Boley, S. A. Khairallah, and A. M. Rubenchik. Calculation of laser absorption by metal powders in additive manufacturing.

## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО МИКРОСКОПА С ОПТОВОЛОКОННЫМ ЩУПОМ В ЗОНЕ ИЗМЕРЕНИЯ

*Фильков Н.А.*

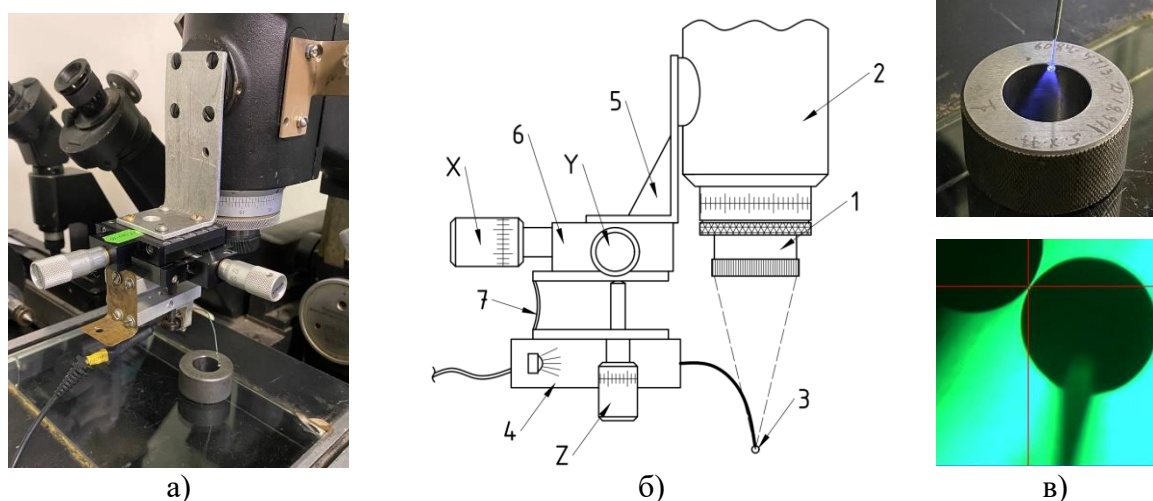
*Научный руководитель: Шулепов А.В. – к.т.н., доцент*

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

Современные детали машин могут иметь элементы, которые сложно или невозможно проконтролировать с помощью имеющегося парка стандартных средств измерения. В связи с этим приходится постоянно решать задачи повышения точности таких измерений, а также разрабатывать новые методы и приспособления.

Одним из вариантов решения проблемы проведения измерений в подобных условиях являются системы, которые сочетают в себе достоинства и возможности как оптических средств, так и контактных.

Предлагается вариант повышения точности измерительного микроскопа, путём разработки дополнительного приспособления. При использовании в сочетании с цифровой обработкой изображения, получаемого с помощью видеокамеры в системе визирования, и применением специального миниатюрного оптоволоконного щупа, повышается точность измерения координат точек объекта, а также уменьшается погрешность от дифракции на поверхностях различной формы. Кроме того, значительно расширяется функционал измерительных микроскопов и увеличивается их производительность при измерении в отражённом свете закрытых поверхностей, благодаря возможности подсвечивания области измерения непосредственно через оптоволоконный щуп.



**Рис. 1. Дополнительное устройство: а) общий вид установки; б) конструктивная схема узла настройки перемещений оптоволоконного щупа; эффект самосвечения оптоволоконного щупа, изображение щупа, подводимого к объекту измерения в зоне измерения**

### *Библиографический список:*

1. Зуйков А.А. Повышение точности координатных измерений геометрических параметров объектов в компьютерной микроскопии с дополнительным телом в зоне измерения: автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук. – М., 2013. – 21 с.
2. Координатные измерительные машины и их применение / А.А. Гапшис, А.Ю. Каспарайтис, М.Б. Модестов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.

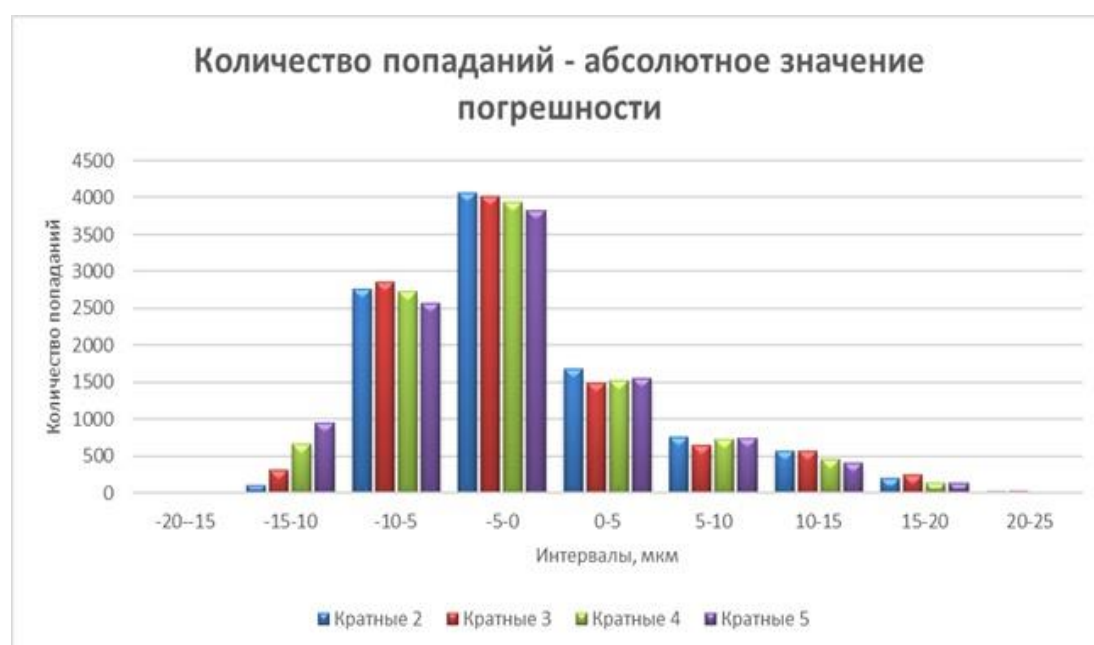
## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АППРОКСИМАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЁМНОЙ ПОГРЕШНОСТИ В РАБОЧЕМ ПРОСТРАНСТВЕ МНОГОКООРДИНАТНОЙ МАШИНЫ

*Хватов М.А.*

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

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

Повышение точности многокоординатных машин (МКМ) является ключевой задачей в современном машиностроении и метрологии. Объёмная погрешность рабочего пространства МКМ требует тщательного анализа, однако её измерение во всех точках занимает значительное время и ресурсы. Эффективная аппроксимация распределения погрешности позволяет сократить объём измерений без потери точности.



**Рис. 1. Попадания по интервалам абсолютного значения объемной погрешности**

В рамках исследования проведена аппроксимация данных об объёмной точности МКМ с использованием линейных полиномов. Показано, что такой подход позволяет значительно уменьшить количество контрольных точек, сократив объём хранимой информации и время измерений. Применение линейных моделей дало удовлетворительные результаты для малых областей рабочего пространства.

Для повышения точности аппроксимации планируется использование полиномов высших порядков (2-й и 3-й степени), а также неполиномиальных функций (тригонометрических, экспоненциальных). Это позволит улучшить соответствие модели реальному распределению погрешностей в сложных конфигурациях МКМ.

### **Библиографический список:**

1. Телешевский В.И. Автоматическая коррекция объёмных геометрических погрешностей / Телешевский В.И., Соколов В.А. // Измерительная техника. – 2015. – № 7. – С. 14–17.
2. Козлов М.В., Прохоров А.В. Введение в математическую статистику. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 264 с.

---

**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 является одним из параметров, используемых в метрологии для оценки поверхности объектов. Она появляется при обработке и эксплуатации поверхности и может влиять на различные процессы, такие как трение, износ и эстетический вид поверхности. Шероховатость – это совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенная с помощью базовой длины.

Существуют контактные и бесконтактные методы измерения шероховатости. В рамках дипломной работы мы будем рассматривать контактный метод измерения, а именно щуповой метод. Данный метод включают в себя использование профилографов и профилометров, которые непосредственно контактируют с поверхностью для получения информации о её микронеровностях.

Датчики, используемые в профилографах и профилометрах, подразделяются на две категории: опорные и безопорные.

Опорный датчик, как следует из названия, имеет опору, которая имеет радиус или в некоторых случаях бывает плоской. Сам датчик опирается на опору, которая во время измерения следует за макронеровностями: волнистостью и формой. При этом определяются колебания иглы относительно опоры, используемые для вычисления параметров шероховатости. Преимуществами данной категории является: прочность, меньшая чувствительность к вибрациям, простая установка.

Безопорный датчик жестко связан с прецизионной прямолинейной направляющей, служащей независимой опорной поверхностью для него. Чаще всего это базовый стержень, который встроен в привод перемещения датчика. Преимуществом безопорного щупа является то, что он может представлять профиль поверхности без искажений в отличие от опорного. Недостатком же является то, что безопорный датчик более чувствителен к вибрациям.

Таким образом, наряду с достоинствами опорный датчик обладает существенным недостатком - искажением профиля. В дальнейшем в рамках дипломной работы мы будем исследовать то, как и насколько искажается профиль. Предполагаются исследования с помощью математического моделирования движения иглы при использовании безопорного и опорного датчиков, а также экспериментальная проверка полученных результатов.

***Библиографический список:***

1. ГОСТ 25142-82 «Шероховатость поверхности. Термины и определения».
2. Дунин-Барковский И.В. Измерение и анализ волнистости, шероховатости и некруглости поверхности. – М.: Машиностроение, 1978. – 231 с.
3. Уайтхауз Д. Метрология поверхностей. Принципы, промышленные методы и приборы. – М.: Интеллект, 2009. – 472 с.
4. Марков Н.Н., Ганевский Г.М. Конструкция, расчет и эксплуатация контрольно-измерительных инструментов и приборов. – М.: Машиностроение, 1993. – 416 с.

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРЯМЫХ МНОГОКРАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

*Цветков А.И.*

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

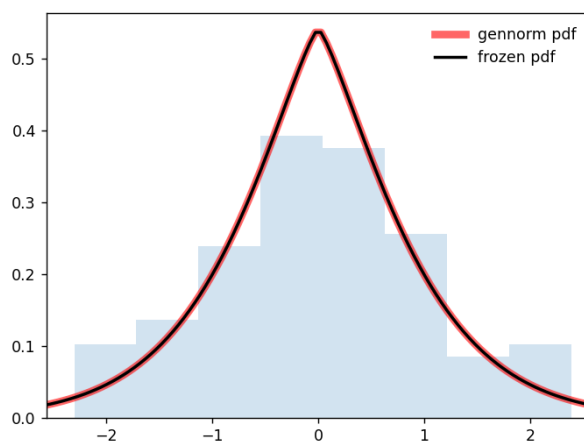
*Кафедра измерительных информационных систем и технологий МГТУ «СТАНКИН»*

Классическое описание результатов измерений с помощью нормального распределения подходит не для всех практических случаев. В действительности встречаются и другие законы распределения. Обобщенное нормальное распределение подходит для описания большего числа распределений результатов измерений, поскольку имеет возможность изменять не только математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение (СКО), но и форму кривой распределения. Оценивание параметров обобщенного нормального распределения:

- оценкой математического ожидания является среднее из результатов измерений,
- оценкой СКО является исправленное СКО результатов измерений,
- оценка параметра формы вычисляется с помощью метода моментов.

Программа для определения соответствия результатов измерений обобщенному нормальному распределению построена на основе критерия хи-квадрат Пирсона. Для тестирования программы использовались результаты, полученные с помощью генератора случайных чисел.

Разработанная программа может использоваться на практике для определения закона распределения результатов измерений, если гипотеза о нормальном распределении была отвергнута.



**Рис. 1.** Случайная генерация выборки, распределенной по интервалам

**Библиографический список:**

1. Miguel, E. Lleida, A. Ortega Generalized Gaussians for continuous observation distributions in speech recognition.
2. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений – Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1985. – 248 с.: ил.
3. Varanasi, M.K.; Aazhang, B. Parametric generalized Gaussian density estimation (англ.) // Journal of the Acoustical Society of America [англ.]: journal. – 1989. – October (vol. 86, no. 4).

## ОПТИМИЗАЦИЯ КОРРЕКЦИИ ОБЪЁМНОЙ ПОГРЕШНОСТИ МНОГОКООРДИНАТНЫХ СИСТЕМ

*Чигирёв А.А.*

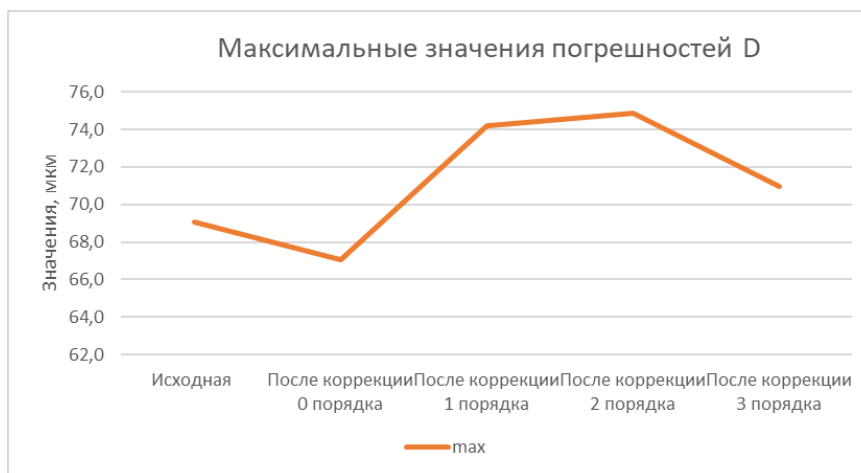
*Научный руководитель: Соколов В.А. – к.т.н., доцент*

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

В условиях современного машиностроения и высоких требований к точности измерений, повышение объёмной геометрической точности многокоординатных измерительных и технологических систем становится критически важным. Цифровая трансформация программного управления на основе лазерных интерференционных измерений открывает новые возможности для оптимизации процессов и улучшения качества продукции.

В рамках магистерской диссертации проводится исследование, направленное на оценку возможности аппроксимации данных об объёмной точности машин с использованием линейных полиномов. Были собраны экспериментальные данные, полученные в ходе лазерных интерференционных измерений. Полученные данные проанализированы с применением линейных моделей.

Результаты нашего анализа продемонстрировали, что использование линейных полиномов позволяет существенно сократить объём информации, необходимой для хранения данных, а также уменьшить временные затраты на измерения. Однако выявленные ограничения в точности при наличии сложных зависимостей данных указывают на необходимость дальнейшего изучения более сложных моделей.



**Рис. 1. Максимальные значения абсолютной величины объёмной погрешности**

В связи с выявленными ограничениями в рамках работы планируется развитие данной темы с использованием полиномов второго и третьего порядка для более точной аппроксимации данных. Кроме того, рассматривается возможность применения неполиномиальных функций, таких как тригонометрические и экспоненциальные, что позволит учитывать нелинейные зависимости и улучшить качество аппроксимации.

### **Библиографический список:**

1. Телешевский В.И. Автоматическая коррекция объёмных геометрических погрешностей программно-управляемых измерительных и технологических систем/Телешевский В. И., Соколов В. А. // Измерительная техника. 2015. № 7. С. 14-17.
2. ГОСТ 8-82 Станки металлорежущие. Общие требования к испытаниям на точность.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИК ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ КООРДИНАТНЫМ МЕТОДОМ

**Шипунов В.О.**

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

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

Современные методы координатных измерений требуют оптимизации между точностью и производительностью. В данном исследовании было проанализировано влияние плотности точек измерения на точность определения геометрических параметров.

Исследование проводилось на координатно-измерительной машине Dea Global 05-05-05, где был измерен размер цилиндрической детали относительно двух базовых поверхностей – прилегающей и средней окружностей. Измерения выполнены при различной плотности точек в 7 сечениях:

Высокая плотность (100 точек)

Средняя плотность (50 точек)

Пониженная плотность (25 точек)

Минимальная плотность (12 точек)

Для каждого варианта определялись параметры для построения средней и прилегающей окружностей. Результаты представлены в таблице ниже.

Таблица 1.

*Результаты эксперимента*

Количество точек	Диаметр средней окружность, мм	Диаметр прилегающей окружность, мм	Методическая погрешность, %
100	49,8146	49,8240	0,0188
50	49,8146	49,8238	0,0186
25	49,8148	49,8226	0,0158
12	49,8150	49,8218	0,0139

Из результатов видно, что параметры средней окружности остаются стабильными при уменьшении количества точек до 50. При 25 и 12 точках наблюдается отклонение, параметры прилегающей окружности демонстрируют более выраженную зависимость от плотности точек. Методическая погрешность имеет тенденцию к снижению при уменьшении количества точек.

Из полученных данных можно сделать вывод, что при измерениях использование средней окружности в качестве базового элемента предпочтительнее, так как полученные с её использованием данные получаются более стабильными и точными, а также меньше зависят от количества используемых точек, чем при применении прилегающей окружности.

### ***Библиографический список:***

1. Конов, С.Г. Пространственная метрология: учебное пособие / С.Г. Конов, А.В. Глубоков. – М.: ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», 2016. – 97 с.
2. Координатные измерительные машины и их применение / В.-А.А. Гапшис, А.Ю. Каспарайтис, М.Б. Модестов и др. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР**

*Эшпулатова М.А.*

*Научный руководитель: Серко Н.Б. – ст. преподаватель*

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

Средства измерения температуры играют ключевую роль в различных отраслях, включая промышленность, медицину и научные исследования. Точность этих измерений критически важна для обеспечения качества продукции, безопасности пациентов и достоверности научных данных. В данном докладе мы рассмотрим процесс поверки средств измерения температуры, его значимость, методы и современные подходы. Поверка средств измерения температуры регулируется рядом стандартов и нормативов. В России основным документом является ГОСТ Р 8.615-2005, который определяет общие требования к поверке. Международные стандарты, такие как ISO/IEC 17025, также играют важную роль в обеспечении качества лабораторных испытаний и калибровок. Существует несколько методов поверки средств измерения температуры: 1. Сравнительный метод: основан на сравнении показаний проверяемого термометра с показаниями эталонного средства измерения при одинаковых условиях. 2. Прямой метод: включает использование термостатов или температурных камер для создания стабильной температуры, к которой затем приводится проверяемое устройство. 3. Косвенный метод: используется в случаях, когда прямое измерение невозможно; например, при оценке характеристик через другие измеряемые величины.

Процесс поверки включает несколько этапов:

1. Подготовка: выбор эталонного средства измерения, подготовка условий для проведения испытаний.
2. Проведение измерений: выполнение серии измерений в заданном диапазоне температур.
3. Анализ результатов: сравнение полученных данных с эталонными значениями и оценка точности.

Анализ данных позволяет выявить отклонения и определить, соответствует ли средство измерения установленным стандартам. Например, если термометр показывает температуру на 0,5 °C выше эталона, это может указывать на необходимость его калибровки или ремонта.

Современные технологии значительно улучшили процесс поверки:

Регулярная поверка средств измерения температуры является необходимым условием для обеспечения надежности и точности измерений. Это особенно важно в сферах, где даже незначительные отклонения могут привести к серьезным последствиям. Внедрение современных технологий и методов позволит улучшить качество поверки и повысить уровень доверия к результатам измерений.

***Библиографический список:***

1. Глубоков, А.В. Выбор методов измерений отклонений формы и расположения поверхностей / А.В. Глубоков, С.В. Глубокова // Вестник МГТУ «Станкин». – 2019. – № 1(48).
2. ГОСТ Р 8.615-2005. Государственная система обеспечения единства измерений. Поверка средств измерений. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2005.
3. Костюков, В. И. Поверка и калибровка средств измерений температуры. – М.: Издательство "Энергия", 2010.

*Научное издание*

**Материалы 1-го этапа студенческой научно-практической конференции  
«Автоматизация и информационные технологии (АИТ-2025)»**

**Институт цифровых интеллектуальных систем**

**Сборник тезисов докладов. Том 3**