

МОЛОДОЙ

ISSN 2072-0297

УЧЁНЫЙ

международный научный журнал

М. Маслов

16+

3

2016

Часть II

ISSN 2072-0297

Молодой учёный

Международный научный журнал

Выходит два раза в месяц

№ 3 (107) / 2016

Редакционная коллегия:

Главный редактор: Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

Члены редакционной коллегии:

Ахметова Мария Николаевна, доктор педагогических наук

Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук

Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук

Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук

Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук

Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук

Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук

Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук

Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук

Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук

Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук

Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук

Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук

Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук

Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук

Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук

Жураев Хусниддин Олтинбоевич, кандидат педагогических наук

Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения

Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук

Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук

Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук

Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук

Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук

Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук

Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук

Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук

Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук

Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук

Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук

Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук

Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук

Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук

Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук

Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук

Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук

Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук

Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук

Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

Почтовый адрес редакции: 420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231.

Фактический адрес редакции: 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: info@moluch.ru; <http://www.moluch.ru/>.

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый».

Тираж 500 экз. Дата выхода в свет: 1.03.2016. Цена свободная.

Материалы публикуются в авторской редакции. Все права защищены.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г.

Журнал входит в систему РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) на платформе elibrary.ru.

Журнал включен в международный каталог периодических изданий «Ulrich's Periodicals Directory».

Международный редакционный совет:

Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)

Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)

Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)

Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)

Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)

Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)

Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)

Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)

Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)

Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)

Досманбетова Зейнегуль Рамазановна, доктор философии (PhD) по филологическим наукам (Казахстан)

Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)

Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)

Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)

Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, кандидат педагогических наук, заместитель директора (Узбекистан)

Кайгородов Иван Борисович, кандидат физико-математических наук (Бразилия)

Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)

Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)

Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)

Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)

Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)

Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)

Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)

Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)

Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)

Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)

Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)

Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)

Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)

Узаков Гулом Норбоевич, кандидат технических наук, доцент (Узбекистан)

Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)

Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)

Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)

Руководитель редакционного отдела: Кайнова Галина Анатольевна

Ответственный редактор: Осянина Екатерина Игоревна

Художник: Шишков Евгений Анатольевич

Верстка: Бурьянов Павел Яковлевич, Голубцов Максим Владимирович

На обложке изображен Николай Николаевич Миклухо-Маклай (1846—1888) — русский этнограф, антрополог, биолог и путешественник.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Князев Ю. В., Шашков И. В., Родионов Д. А., Суворина И. В.

Особенности контроля и управления технологическим процессом производства упаковки канцелярских товаров литьем под давлением 125

Курангышев А. В., Дедушкин А. В., Казначеев А. В.

Решение проблемы приема слабого сигнала 3G-модема от «Мегафон» 128

Курангышев А. В., Дедушкин А. В., Казначеев А. В.

Оценка ослабления радиосигнала по методу идеальной радиопередачи с учетом влияния земной поверхности 131

Курангышев А. В., Дедушкин А. В., Казначеев А. В.

Особенности распространения радиоволн на космических линиях связи 133

Курангышев А. В., Дедушкин А. В., Казначеев А. В.

Влияние запаздывания сигналов на космических линиях связи на системы управления космических аппаратов 135

Курбонов Ф. А., Сайлиев И. И.

Оптимальные характеристики дисковых ножей передвижных раскройных машин швейного производства 137

Матёкубов У. К., Авазов Э. Ш., Янгибаева М. Р.

Development of system and the basic perspective problems of the further improvement. Companion GPS constellation 139

Матвеев Д. В., Смирнов А. И., Латыпов К. Ф.

Исследование процесса цифровой обработки сигнала при работе с алгоритмом быстрого преобразования Фурье 141

Матвеев Д. В., Смирнов А. И., Латыпов К. Ф.

Резонансный метод определения частоты 145

Машарипов О. М., Матёкубов У. К., Атаханов М. Н.

Разработка и описание временно-импульсной диаграммы функционирования устройства передачи сигналов на основе программируемых логических интегральных схем, повышающей надежность связи в волоконно-оптических системах связи при WDM 148

Мисюров М. Н.

Упрощение производственного процесса за счет использования систем технического зрения .. 151

Мисюров М. Н.

Гибридное (по силе и положению) управление манипуляционными роботами с учетом их динамики 153

Мисюров М. Н.

Силовое управление роботами и его применение для удаления заусенцев промышленных деталей 155

Михеев В. А., Сопижук А. Н.

К вопросу оценки качества функционирования дизельной энергетической установки автономных локомотивов 158

Морозова Т. Ф., Заяшников Р. А., Якунина Ю. И.

Выбор организационно-технологических решений при реконструкции объектов без прекращения эксплуатации 162

Наркевич Р. О. Классификация семизвенных незамкнутых механизмов и геометрия манипулятора вида ВПЗВП-1	168	Сидорова А. Д.8 Загрязнение окружающей среды предприятиями-изготовителями радиоэлектронных средств (РЭС). Актуальность внедрения системы экологического менеджмента (СЭМ)	208
Наркевич Р. О. Алгоритмы обработки информации в системе технического зрения робота	172	Ташматов Х. К., Маматкулов Д. А. Дистанционное управление уровнем воды в аванкамере насосной станции	213
Наркевич Р. О. Полуавтоматические манипуляционные системы с силовой обратной связью	176	Тошкхуджаев С. Б. The role of CCTV cameras on public safety	215
Осокин А. В., Гиенко Е. А., Лагутин И. И. Обзор существующих методик расчёта основных параметров грануляционного оборудования..	179	Уринов А. А., Адизов А. А., Аслонов А. А. Исследование процесса переработки газа с целью улучшения качества получаемой продукции.....	216
Патраков Е. С. Автоматическое планирование в гибких производственных системах: подход, основанный на использовании базы знаний	185	Уринов А. А., Рахматов Б. Б. Анализ технологического процесса производства газопродуктов с целью разработки безотходных технологий	218
Патраков Е. С. Новые алгоритмы для многозвенных рук роботов	188	Федотов А. Г. Сопряжение рабочих органов с рукой робота	220
Патраков Е. С. Автоматизация оценки эффективности захвата двупалым охватом	191	Хамроев Х. Х., Кулдошев Э. И., Авазова Д., Наботов С. И. Понятия технической нормы в машиностроении	221
Пулатов А. С., Сариева Д. А., Ёкубжонова Ё. Изменение содержания азотистых веществ мяса при тепловой обработке.....	194	Хамроев Х. Х., Кулдошев Э. И., Тангриев И. Выбор и расчет зажимных устройств и силовых приводов	223
Пулатов А. С., Сариева Д. А., Каримова Н. Изменение химического состава мяса баранины при тепловой обработке.....	196	Шаланин В. А. Параметризация процесса протекания жидкости через водослив с широким порогом	225
Рахмонов Х. К., Шарипов Ж. О. Теоретическое изучение движения хлопка-сырца вдоль контура желоба распределителя	199	Шинкин В. Н. Холодная правка металлической полосы на семироликовой листопрямительной машине .	228
Родионов Д. А., Суворина И. В., Шашков И. В., Князев Ю. В. Управление процессом выдува ПЭТ-бутылок. Технологический процесс.....	201	Юнусова С. Т., Мамиров У. Ф. Алгоритм синтеза прогнозирующего управления электромеханическим объектом	238
Сафаров Н. А., Серватинский В. В. Анализ существующих методов и оборудования автоматизированного нанесения горизонтальной разметки на автомобильных дорогах	203	Юсупов Ф., Шарипов М. С. Operatively dispatching management of mill manufacture in conditions of uncertainty.....	241
Сигайлов М. В., Шувакин А. Е., Матвеевцев В. Е., Манин О. А. Оценка механических свойств металла по твердости при диагностировании технического состояния стальных газопроводов	206		

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Особенности контроля и управления технологическим процессом производства упаковки канцелярских товаров литьем под давлением

Князев Юрий Викторович, студент;
 Шашков Иван Владимирович, кандидат технических наук, доцент;
 Родионов Дмитрий Александрович, студент;
 Суворина Ирина Викторовна, студент
 Тамбовский государственный технический университет

Для обеспечения высокого, стабильного качества изделий и минимального количества брака при литье под давлением **упаковок канцелярских товаров** в ходе производственного процесса следует поддерживать заданные параметры процесса.

Исследования, проведенные в последние годы, показали, что непосредственное влияние на качество получаемых упаковок оказывают: температура расплава в зоне перед шнеком; температура стенки формы; скорость впрыска, давление в форме. Все они легко поддаются измерению [1, 2].

Температура расплава.

Основными условиями поддержания постоянного уровня температуры расплава являются: точная настройка регулятора температуры стенки цилиндра; неизменность частоты вращения шнека, скоростного напора и длительности пластикации. Терморегулятор RK-41 (Рис. 1.) предназначен для цифровой индикации действительной температуры в зоне контроля и управления нагревательными элементами. Регулятор позволяет по сигналу датчика S-821 (предназначен для измерения температуры материала в цилиндре) регулировать температуру объекта (пластмассы для ТПА) в пластикационном цилиндре, в установленных пределах. Работает с трубчатым нагревательным элементом, который имеет вид металлической трубки (она может иметь любую форму), внутри которой находится проводник с высоким электрическим сопротивлением (за счет него осуществляется нагрев трубки, которая в свою очередь передает тепло в цилиндр). Зона регулирования температуры устанавливается максимальным и минимальным значениями. Состояние бесконтактного регулирующего элемента «Включено» — идентифицируется светодиодом на передней панели регулятора.

Давление в форме оказывает наибольшее влияние на качество отливки. К контролируемым параметрам в данном случае относятся давление расплава в сопле.



Рис. 1. Терморегулятор RK-41

Отклонение давления в форме от заданного значения на разных стадиях процесса формирования отливки может быть вызвано изменением скорости впрыска, температуры расплава и формы, моментов переключения давления, поскольку эти факторы определяют условия заполнения формы, подпитки и охлаждения расплава.

Датчик серии РТ4674 (Рис. 2) с точностью $\pm 0,5\%$ является идеальным решением для большинства задач измерения давления расплава, когда необходима установка в ограниченных пространствах. Датчики РТ4674 выдают усиленный выходной сигнал в виде аналоговой токовой петли 4–20 мА, обеспечивающий взаимодействие с распределенными системами управления и программируемыми логическими контроллерами. Датчик РТ4674 работает с регулятором давления DN20. Регулятор давления определяет максимальное значение давления в гидросистеме. В процессе регулирования некоторая часть подачи насоса отводится через регулятор в бак. Эта потерянная мощность должна быть минимальной и в тоже время должна гарантировать достаточную динамику и устойчи-

вость регулятора. Рабочая жидкость через каналы в корпусе подводится к золотнику, который имеет одно продольное отверстие и два поперечных. Специальный демпфер ограничивает поток жидкости через регулирующий золотник. Рабочая жидкость через осевое и поперечное отверстия поступает в камеру большого установочного поршня. Сливная линия перекрыта пояском распределительного золотника.

Рабочее давление гидросистемы воздействует на левую торцовую поверхность распределительного золотника с усилием. Пока это усилие меньше, чем противодействующее усилие пружины, давления в камерах установочных поршней равны, и насос остается в положении максимального эксцентриситета.

Регулятор частично соединяет с баком камеру большого установочного поршня, в результате чего давление в этой камере уменьшается. Поскольку малый установочный поршень постоянно соединен с напорной линией, он смещает статор практически в концентричное относительно ротора положение. Устанавливается равновесие сил.

В результате подача насоса стремится к нулю, а рабочее давление в гидросистеме поддерживается на заданном уровне.

Таким образом, потери мощности в гидросистеме при достижении максимального установленного давления незначительны, нагрев рабочей жидкости невелик и энергопотребление — минимально.

Если давление в гидросистеме снова понижается, пружина смещает регулирующий золотник регулятора давления. При этом перекрывается сливная линия, и в камере большого установочного поршня вновь появляется полное рабочее давление.

Равновесие сил, действующих на установочные поршни, нарушается, и большой установочный поршень смещает статор в эксцентричное положение. Насос снова подает рабочую жидкость в гидросистему [3].



Рис. 2. Датчик PT4674

Недостатком измерения давления является то, что получаемые данные справедливы только для конкретной точки замера. В некоторых случаях можно найти корреляционные зависимости характеристик материала в разных местах отливки от давления, вблизи литникового канала. Чем ближе чувствительный элемент датчика расположен к литниковому каналу, тем более точно можно судить о процессе заполнения.

Для некоторых отливок и определенных условий обработки улучшения качества можно достичь путем целенаправленного регулирования отдельных технологических параметров: давления в форме, скорости перемещения шнека и режима подпитки. Регулирование давления в форме применяется главным образом для контроля степени заполнения формы, а при работе машин на предельной мощности — переключения вследствие утечек расплава через обратный клапан и зазор между клапаном и цилиндром, а также колебания времени срабатывания обратного клапана, которые наблюдаются, например, при управлении по пути, в большинстве случаев частично или полностью компенсируются.

Измерение давления в гидросистеме не дает представления о давлении непосредственно в форме, однако величина этих параметров в момент впрыска характеризует сопротивление течению расплава и влияет на давление в форме. Колебания температуры расплава, скорости и навески могут быть скорее обнаружены по изменению давления в зоне перед шнеком и в гидросистеме, чем по изменению давления в форме.

Основным недостатком контроля процесса по этим параметрам является отсутствие информации о квазистатической фазе формирования отливки, которая в значительной мере определяет точность ее размеров. Кроме того, при переходе с одной машины на другую для установки оптимального давления масла в гидросистеме или расплава в зоне перед шнеком приходится искать новую эталонную кривую давления. При измерении давления в форме получают оптимальную кривую для формы, не зависящую от типа машины [4].

Необходимо также отметить, что значительного уменьшения колебаний давления и скорости, а также массы и размеров отливки можно добиться путем контроля температуры масла. Благодаря предварительному его нагреву и термостатированию достигается значительное снижение доли брака во время пуска машины.

Если установка датчика давления в форме затруднена, то в качестве регулируемого параметра можно использовать давление масла в гидросистеме. Для достижения при высоком сопротивлении течению во время заполнения формы высокой надежности переключения часто требуется снижение скорости перемещения шнека перед моментом переключения. Регулировать скорость перемещения шнека наиболее целесообразно по ступенчатой схеме: медленно — быстро — медленно. При высоких скоростях впрыска двух- и трехпозиционные регуляторы потока вследствие инерционности непригодны для реа-

лизации такого режима. Вероятно, в этих случаях целесообразно использовать электронную следящую систему. Торможение шнека в конце стадии заполнения обычно обеспечивает более равномерное и стабильное переключение без пиков давления.

Поскольку по мере охлаждения отливки эффективность подпитки расплавом уменьшается, давление на шнек целесообразно снижать пропорционально падению давления в форме. Это позволяет уменьшить перегрузки и степень ориентации материала вблизи литника. Такое «программирование» можно осуществлять путем управления или регулирования. Влияние режима изменения давления на свойства отливки.

Была предпринята попытка регулировать температуру стенки формы с помощью регулятора непрерывного или квазинепрерывного действия; при этом в качестве регулирующего параметра использовали температуру охлаждающей среды. При таком способе точки замера должны находиться достаточно далеко от каналов кавитации для исключения влияния циклических колебаний температуры.

Как компромиссное решение этот способ вполне пригоден. Хорошие результаты дает регулирование на основе результатов периодических измерений температуры стенки непосредственно перед заполнением формы. Регулирующим воздействием в этом случае может служить средняя температура или расход охлаждающей среды. Во время остановки регулятор должен работать по измененным критериям [1].

Применение гидравлических двух- и трехпозиционных регуляторов потока с компенсацией давления обычно гарантирует удовлетворительное поддержание скорости перемещения шнека независимо от изменения сопротивления течению в цилиндре и форме. При небольшом времени впрыска вследствие инерционности, эти регуляторы работают очень короткое время или вообще не работают и не обеспечивают воспроизводимости скорости перемещения шнека. В этом случае целесообразно использовать быстроходные сервоклапаны. Однако применение только быстроходного исполнительного органа

недостаточно. Для получения хороших временных характеристик необходимы короткие соединительные трубопроводы в гидросистеме, а также установка исполнительного органа как можно ближе к гидравлическому инъекционному цилиндру.

Значительному уменьшению разброса качественных показателей отливок и снижению количества брака во время пуска способствует параллельное регулирование скорости перемещения шнека и давления в гидросистеме на квазистатической фазе. Преимуществом такой схемы является и сравнительная простота обслуживания.

Минимальный разброс качественных показателей и частичная компенсация колебаний температуры могут быть достигнуты путем регулирования давления внутри формы. Однако затраты на реализацию этого способа сравнительно велики. Поэтому такую систему регулирования следует применять лишь в особых случаях при производстве прецизионных изделий [5].

Таким образом, современные литьевые машины рекомендуется оснащать следующими приборами и механизмами:

- индикаторами и приборами для контроля температуры стенки цилиндра и масла в гидросистеме, длительности пластикации и цикла, усилия замыкания и давления;
- быстроходными клапанами высокой точности;
- регуляторами объемного потока с компенсацией давления;
- устройствами с цифровой индикацией для регулирования давления, времени, скорости, температуры и пути.

Кроме того, следует предусматривать возможность установки без больших затрат различных дополнительных блоков, например датчиков для измерения давления и температуры, мониторов, самописцев; блоков для регулирования давления, программирования скорости перемещения шнека и давления внутри формы и др. Заказчикам будет легче выбирать отвечающее их требованиям оборудование, если они будут иметь возможность ознакомиться с принципом действия отдельных дополнительных устройств на конкретных примерах и с результатами испытаний.

Литература:

1. Управление процессом литья под давлением. [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.e-plastic.ru/specialistam/litie-pod-davleniem/upravlenie-processom-litya-pod-davleniem> (дата обращения: 02.02.2016).
2. Терморегулятор RK-41 Датчик температуры S821, S823 | Гидравлические системы. [Электронный ресурс]. — URL: <http://hydraulicsystem.ru/termoregulyator-rk-41-datchik-temperatury-s821-s823/> (дата обращения: 02.02.2016).
3. Гидравлические регуляторы давления. [Электронный ресурс]. — URL: <http://for-engineer.info/4/gidravlicheskie-regulatory-davleniya.html> (дата обращения: 02.02.2016).
4. Наше предприятие — Управление процессом литья под давлением.... [Электронный ресурс]. — URL: <http://balaplast.ru/catalog/news/prod.php?rc=1149159689&pc=1205482358> (дата обращения: 02.02.2016).
5. Ответы (часть 2) № 12. [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.studfiles.ru/preview/2879990/> (дата обращения: 02.02.2016).

Решение проблемы приема слабого сигнала 3G-модема от «Мегафон»

Курангышев Андрей Вячеславович, студент;
Дедушкин Андрей Витальевич, магистр;
Казначеев Артем Валерьевич, студент

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А. Н. Туполева

В статье рассматривается антенна Харченко для усиления слабого сигнала 3G модема от Мегафон. Показаны результаты расчета элементов конструкции антенны с получением оптимальных характеристик.

Ключевые слова: антенна Харченко, сеть третьего поколения, 3G модем, усиление сигнала 3G модема от Мегафон.

The solution of gain weak signals 3G modem from MegaFon

A. V. Kurangishev, A. V. Dedushkin, A. V. Kaznacheev
Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev

In the article considered the antenna Kharchenko for small-signal gain of the 3G modem megaphone. The results of the calculation of the structural elements of the antenna to obtain the optimum performance.

Key words: antenna Kharchenko, the third generation network, 3G modem, 3G modem signal amplification by megaphone.

И для кого не секрет, что ключом к успеху радиолобителя является эффективная антенна. При современном насыщении эфира радиолобителей это утверждение набирает еще существенное значение, поскольку слабые сигналы глушатся среди помех. Любой радиолобитель рано или поздно приходит к выводу, что только с хорошей антенной системой можно достигнуть спортивного успеха. Никто еще не отменял старинное утверждение, что «Хорошая антенна лучше самого хорошего усилителя».

Идеальной антенны, дающей отличные результаты при различных условиях, не существует. Поэтому перед любым радиоинженером встает вопрос выбора типа антенны, наиболее максимально подходящей для его требований [1].

В 60-х годах К. П. Харченко была предложена антенна с конструкцией в виде восьмерки. Этот вариант оказался не критичным к материалам и размерам при изготовлении,

имеет хорошее согласование с отходящим кабелем. В ней удачно сочетаются кратные элементы синфазной антенной решетки с одной точкой питания.

В предисловии книги «УКВ антенны», выпущенной в 1969 г., К. П. Харченко сообщил, что многие радиолобители, используя зигзагообразные антенны, вели приём телевизионных передач в диапазоне МВ, в том числе от телецентров, удалённых на 80, 120, 200 и даже 300 км. И действительно, из истории техники того времени можно узнать, что в удалённых от телецентров местностях зигзагообразные антенны вытесняли антенны «волновой канал» и другие конструкции. Кроме этого, антенны Харченко были также удостоены внимания военных, воспользовавшихся их положительными качествами в радиорелейной связи диапазона ДМВ. Однако более широкого распространения эти антенны не получили, поскольку в это время рынок обеспечивали известные антенны типа «волновой канал».

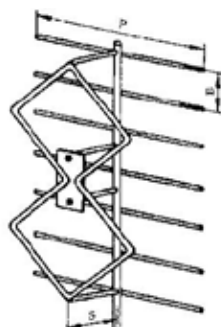


Рис. 1. Конструкция антенны Харченко с рефлектором

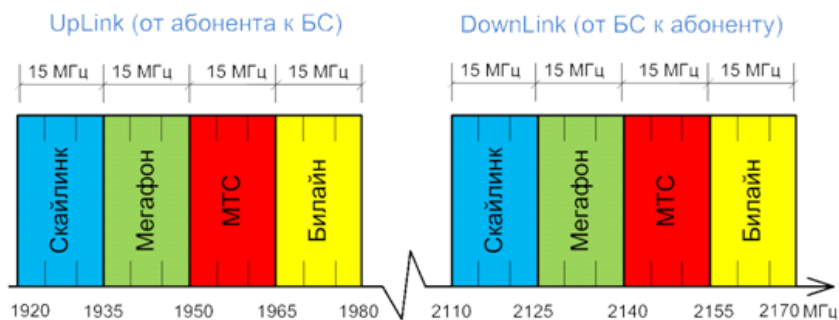


Рис. 2. Распределение частот операторов Скайлинк, Мегафон, МТС, Билайн в стандарте 3G/2100

Эффективность зигзагообразной антенны можно повысить за счёт улучшения направленности, применив экран-рефлектор, отстоящий от основного полотна на $\lambda_{cp}/4$. Это может привести к увеличению коэффициента усиления до 14,6 дБи.

Вид конструкции антенны типа Харченко приводится на рисунке 1.

За счёт дополнительной модернизации активного рефлектора, можно ещё больше улучшить характеристики предложенного решения. Особенно это касается увеличения коэффициента усиления и его выравнивания на верхних частотах интервала. Кроме того, антенна в широком диапазоне частот имеет КСВ менее двух [2].

При расчете антенны Харченко придерживаются тех же принципов, что и при расчете любой антенны. Вначале идет приблизительный расчет конструкции, основанный на теории, а затем полученные параметры уточняются в специальных математических программных продуктах, где основами расчетов является Максвелловская система уравнений, например программа MMapa-GAL.

Предположим, требуется усилить сигнал 3G модема от оператора Мегафон, работающий на частоте 2100 МГц. Согласование точек питания антенны требуется обеспечить на волновое сопротивление $Z=75$ Ом. Сотовая связь 3-го поколения 3G/UMTS2100, как известно, в России работает на частотах Uplink 1920–1980 МГц и Downlink 2110–2170 МГц [3].

Исходя из рисунка 2, можно сказать, что полоса частот сотовой связи 3 поколения $\Delta F = 15$ МГц для любого из представленных операторов. В процессе моделирования антенны требуется достичь хорошей направленности главного лепестка диаграммы направленности для получения хорошего усиления сигнала. На рисунке 3 показан вид диаграммы направленности в полярной системе координат.

Так как необходимо спроектировать антенну на прием в диапазоне 2125–2140 МГц, возьмем среднюю частоту сигнала $f_{cp} = 2132.5$ МГц. Каждая сторона антенны должна иметь длину, равную $l = \kappa \cdot \lambda_{cp}$, где

$$\lambda_{cp} = \frac{c}{f_{cp}}, \kappa = 0.25 \div 0.375. \quad \text{Оптимальным}$$

вариантом является коэффициент $\kappa=0.25$ со стороны хорошего согласования зажимов антенны линией питания, а со стороны усиления-0.375 [2].

Рассчитаем стороны l антенны.

$$l = \kappa \cdot \lambda_{cp} = 0.25 \cdot \frac{c}{f_{cp}} = 0.25 \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{2132.5 \cdot 10^6} \approx 0.035 \text{ м;}$$

Диаметр проводника излучателя выберем равным 0.2 см. Если не будет хватать усиления и согласования, увеличим это значение на несколько порядков.

Оптимальный угол между проводниками со стороны хорошего согласования $\alpha = 90^\circ$.

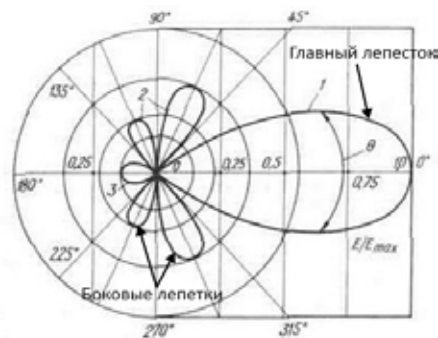


Рис. 3. Диаграмма направленности антенны

За антенной на расстоянии $x = 0.25 \cdot \lambda_{cp} = 35$ см. установим экран-рефлектор для улучшения усиления.

Моделирование антенны в программном продукте MMapa-GAL показало следующие характеристики:

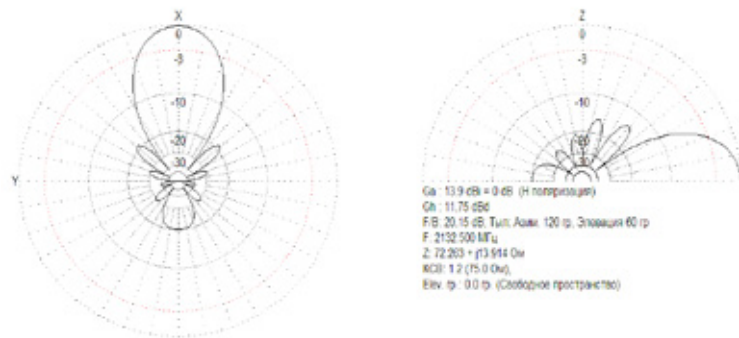


Рис. 3. Диаграмма направленности антенны Харченко

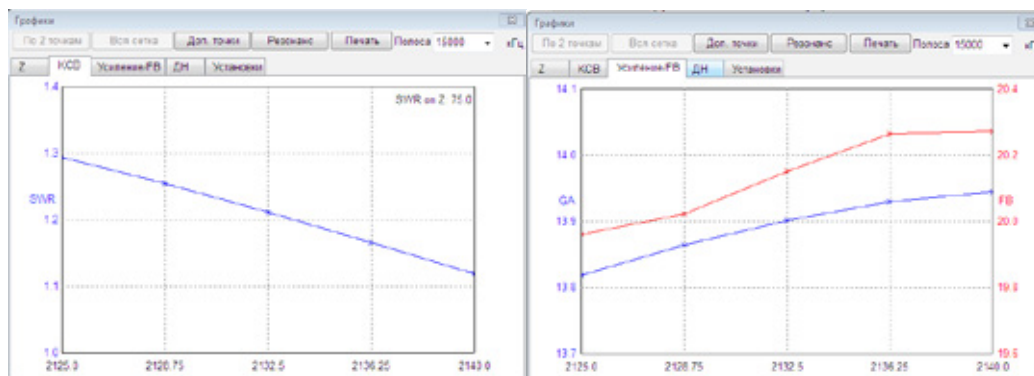


Рис. 4. Коэффициент стоячей волны и усиление соответственно

Как видно на графиках, параметры получились лучше некуда! Антенна может принять сигнал в своем рабочем диапазоне с усилением 13–14 дБ по отношению к диполю, а отношение излучения вперед/назад в 20 раз. График КСВ также показывает, что можно обойтись без согласующего устройства.

Таким образом, предложено оптимальное решение усиления сигнала 3-го поколения при слабой мощности приема. Остается только узнать, в каком направлении находится ближайшая базовая станция сети Мегафон, чтобы направить прием в эту сторону.

Литература:

1. Karl Rothammel, «Antennenbuch», Militarverlag der Deutschen Demokratischen Republic (VEB), Berlin, 1968.
2. К. П. Харченко, «Антенны УКВ», 1969 г.
3. Электронный ресурс, сайт: <http://www.exclusive-comfort.ru/faq-chastoty-svyazi-gsm.shtml>, дата обращения: 17.01.2016 г.
4. С. Н. Шабунин, Л. Л. Лесная, «Распространение радиоволн в мобильной связи»: Методические указания по курсу «Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства в системах мобильной связи», Екатеринбург: УГТУ, 2000, 38 с.
5. М. Ю. Застела, «Основы радиоэлектроники и связи», Казань: ЗАО «Новое знание», 2009. — 340 с.

Оценка ослабления радиосигнала по методу идеальной радиопередачи с учетом влияния земной поверхности

Курангышев Андрей Вячеславович, студент;
Дедушкин Андрей Витальевич, магистр;
Казначеев Артем Валерьевич, студент

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А. Н. Туполева

В статье представлен упрощенный метод распространения сигнала в свободном пространстве с учетом влияния земной поверхности. Произведен приблизительный расчет потерь сигнала радиовещательной станции при распространении от г. Казань до поселка Бутыри.

Ключевые слова: формула идеальной радиопередачи, ослабление сигнала, дополнительное ослабление, множитель ослабления, профиль трассы, открытая трасса.

В настоящее время крупные города насыщены источниками электромагнитного излучения, основными из которых являются телевизионные и радиовещательные передающие станции, базовые станции систем сотовой связи. В связи с этим возникает необходимость оценить зону обслуживания передающих станций с учетом профиля земной поверхности.

При решении задач распространения радиоволн применяют различные модели оценки высокочастотных колебаний. Самой простейшей моделью является модель распространения в свободном пространстве. Но она используется только в тех случаях, когда на пути распространения радиоволн нет никаких препятствий, даже земной поверхности [1].

Оценка ослабления сигнала происходит сравнением напряженности поля или мощности сигнала на передающей и приемной сторонах. Действующее значение напряженности поля в точке приема определяется по следующей формуле:

$$E_0 = \frac{173 \cdot \sqrt{P_1 \cdot D_1}}{R}, \text{ мВ/м}, \quad (1)$$

где D_1 — коэффициент направленного действия (КНД) передающей антенны; R — расстояние между передатчиком и приемником — в километрах; P_1 — мощность передатчика — в киловаттах.

В общем случае, выражение для мощности сигнала на входе приемника без учета потерь в фидере и влияния трассы распространения можно представить следующим образом:

$$P_2 = \frac{P_1 \cdot D_1 \cdot D_2 \cdot \lambda^2}{(4 \cdot \pi \cdot R)^2}, \text{ Вт}, \quad (2)$$

где D_2 — коэффициент направленного действия (КНД) приемной антенны;

$$\lambda = \frac{c}{f} \text{ — длина волны.}$$

Выражение (2) часто называют *формулой идеальной радиопередачи*. Исходя из выражения, легко понять, что среда никак не влияет на процесс распространения волны, а мощность сигнала на входе приемника определяется протяженностью радиолинии и используемыми техническими средствами [2].

Основное ослабление сигнала L рассчитывается через десятичный логарифм:

$$L = 10 \cdot \lg \frac{P_1}{P_2}; \quad (3)$$

При распространении радиоволн в реальных условиях возникает дополнительное ослабление напряженности поля (или мощности) по отношению к ослаблению в свободном пространстве, которое обусловлено влиянием земли, включая профиль местности, и атмосферы [3]. Он характеризуется множителем ослабления V и его расчет начинается с построения профиля трассы (рис.1). Профиль трассы представляет собой вертикальный разрез местности от точки передачи до точки приема (или до центра небольшой зоны приема), включая предметы, находящиеся на местности. Строится он следующим образом. Через точки установки антенн А и В проводят линию визирования. Расстояние между линией визирования и наиболее высокой точкой профиля называют просветом и обозначают через H . Значение просвета считается положительным (открытая трасса), если линия визирования проходит выше наиболее высокой

точки профиля, и отрицательным (закрытая трасса), когда эта линия пересекает профиль. При $H=0$ линия визирования касается самой высокой точки профиля (полуоткрытая трасса).

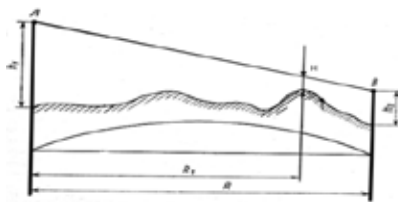


Рис. 1. Профиль открытой трассы

Расчет множителя ослабления на открытой трассе выражается из следующего соотношения:

$$V = 10 \cdot \lg \left[1 + |\Phi|^2 - 2 \cdot |\Phi| \cdot \cos \left(360^\circ \cdot \frac{\Delta r \cdot f}{c} \right) \right]; \tag{4}$$

где Φ -модуль коэффициента отражения волны от земной поверхности. Как правило, для холмистых местностей, берут равной 0.75–0.8;

Δr -разность хода прямой и отраженной волн, выражаемое через просвет H :

$$\Delta r = \frac{H^2}{2 \cdot 10^3 \cdot R \cdot k \cdot (1 - k)};$$

где $k = \frac{R1}{R}$ — отношение расстояния до точки с минимальным просветом к расстоянию между передающей и приемной антеннами.

Предположим, нужно передать сигнал радиовещательной станции из г. Казань в поселок Бутыри. Передающая и приемная антенны расположены на высотах 100 и 10 метров соответственно и работают на средней частоте $f = 75$ МГц. Коэффициент направленного действия передающей антенны равна 5, приемной-1. Мощность эффективного излучения базовой станции $P_{изл} = 500$ Вт. Найдем суммарное значение потерь F сигнала на пути распространения, если считать, что расстояние между приемопередатчиками 45 км.

Рассчитаем основную мощность сигнала на стороне приема.

$$P_2 = \frac{P_1 \cdot D_1 \cdot D_2 \cdot \lambda^2}{(4 \cdot \pi \cdot R)^2} = \frac{0.5 \cdot 5 \cdot 1 \cdot \left(\frac{3 \cdot 10^8}{75 \cdot 10^6} \right)^2}{(4 \cdot 3.14 \cdot 45)^2} = 124 \cdot 10^{-6} \text{ Вт.}$$

Тогда основные потери будут равны:

$$L = 10 \cdot \lg \frac{P_1}{P_2} = 10 \cdot \lg \frac{500}{124 \cdot 10^{-6}} = 66 \text{ дБ.}$$

Для расчета дополнительного ослабления, который будет складываться с основным, построим профиль местности между г. Казань и поселком Бутыри с помощью специальной программы. На профиле местности условно отметим точки расположения антенн и проведем линию визирования (рис.2).

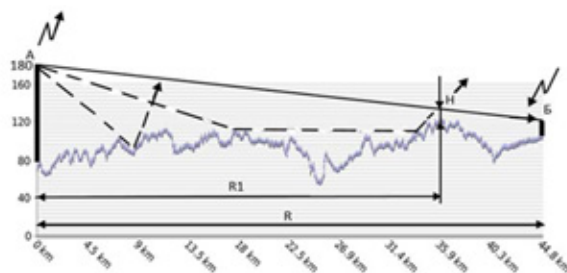


Рис. 2. Профиль местности между г. Казань и пос. Бутыри

Разность хода прямой и отраженной волн:

$$\Delta r = \frac{H^2}{2 \cdot 10^3 \cdot 45000 \cdot \frac{35.9}{45} \cdot \left(1 - \frac{35.9}{45}\right)} = 6.89 \cdot 10^{-6} \text{ м};$$

Рассчитаем возможное дополнительное ослабление V на открытой трассе:

$$V = 10 \cdot \lg \left[1 + |\Phi|^2 - 2 \cdot |\Phi| \cdot \cos \left(360^\circ \cdot \frac{\Delta r \cdot f}{c} \right) \right];$$

$$V = 10 \cdot \lg \left[1 + |0.75|^2 - 2 \cdot |0.75| \cdot \cos \left(360^\circ \cdot \frac{6.89 \cdot 10^{-6} \cdot 75 \cdot 10^6}{3 \cdot 10^8} \right) \right] = 12 \text{ дБ};$$

Следовательно, общие потери F в точке приема можно определить как сумму основных и дополнительных потерь:

$$F = L + V = 66 + 12 = 78;$$

Отсюда получаем, что мощность в точке приема с учетом потерь:

$$P_{\text{прм}} = 32 \cdot 10^{-9} \text{ Вт};$$

В результате проделанной работы, проведен анализ характерного ослабления сигнала радиовещательной сети на радиолинии по методу идеальной радиопередачи с учетом влияния земной поверхности. Расчет был произведен на частот 75 МГц. Как правило, модель используются для предсказания распространения волн на простых трассах. Но с учетом множителя ослабления V (дополнительные вносимые потери за счет неидеальности земной поверхности и объектов, встречающихся на пути распространения), модель может быть использована для любых трасс распространения сигналов.

Литература:

1. Г.П. Грудинская, Распространение радиоволн. — М.: Высшая школа, 1975. — 280 с.
2. Л.К. Андрусевич, А.А. Ищук, К.А. Лайко, Антенны и распространение радиоволн: учебник для вузов, Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. — 396 с.
3. М.Г. Локшин, А.А. Шур, А.В. Кокорев, Р.А. Краснощеков, Сети телевизионного и звукового ОВЧ ЧМ вещания: Справочник — М.: Радио и связь, 1988. — 144 с.
4. В.Г. Гавриленко, В.А. Яшнов. Распространение радиоволн в современных системах мобильной связи. Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Радиофизический факультет, Кафедра радиоастрономии и распространения радиоволн, Нижний Новгород, 2003, — 148 с.

Особенности распространения радиоволн на космических линиях связи

Курангышев Андрей Вячеславович, студент;

Дедушкин Андрей Витальевич, магистр;

Казначеев Артем Валерьевич, студент

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева

В статье рассматриваются особенности распространения радиоволн на космических линиях связи. Представлены результаты расчета скорости вращения вектора напряженности электрического поля в зависимости от частоты сигнала. Приведены результаты расчета возможного доплеровского сдвига частоты при связи с космическим аппаратом «Вояджер-1», запущенным в сентябре 1977 года.

Ключевые слова: эффект Доплера, доплеровский сдвиг, космические аппараты КА, ослабление сигнала, линия связи, «Вояджер-1».

С появлением первого радио, изобретенного А.С. Поповым в 1895 году, трудно даже было представить человечеству, как сильно это повлияет на жизнь человечества. Именно благодаря радиосвязи улучшилась система

оповещения народа о чрезвычайных ситуациях, а с первых дней Великой Отечественной войны она стала важнейшим средством оперативного управления войсками и информирования населения огромной страны. С помощью ра-

диосвязи в недавнее время также появилась возможность дистанционного управления устройствами, роботами, машинами и т.д. Возможности использования свободно распространяющейся электромагнитной волны в современном мире безграничны.

В последние десятилетия наблюдается бурное стремление изучить космическое пространство с помощью дистанционно управляемых космических кораблей. В связи с этим все чаще теряются в межзвездном пространстве космические аппараты КА (зонды), предназначенные для изучения комет, планет и других космических объектов. Все эти потери губительно сказываются на состоянии государства. Чтобы минимизировать частые потери связи при дистанционном управлении объектов решается целый круг научно-технических задач. Многие из них связаны с особенностями распространения радиоволн в околоземном пространстве, межзвездном газе и атмосфере других планет солнечной системы.

Ослабление сигнала в Земной атмосфере и межзвездном газе

Общие потери сигнала на любой радиолинии складываются из основных и дополнительных потерь. Основные потери определяются ослаблением в свободном пространстве из-за расхождения лучей по причине сферического фронта волны. Дополнительные потери обусловлены неоднородностью среды, результатом поглощения, изменения первоначальной поляризации волны под действием магнитного поля и т.д. На рис. 1 показано преломление радиоволны при излучении в космическое пространство на границе раздела двух сред с различными диэлектрическими проницаемостями ϵ .

Радиоволны различных диапазонов по-разному проходят через земную атмосферу. Для космической связи оптимален

диапазон от 1,5 до 30 сантиметров ($1 \div 20$ ГГц). За пределами этого окна радиосигнал заметно ослабляется в атмосфере или даже может от нее отразиться. На более коротких волнах потери энергии растут за счет поглощения молекулами воды и кислорода в тропосфере, а на более длинных волнах прохождению сигнала все сильнее мешает ионосфера, которая для волн длиннее 10–30 метров становится непреодолимой преградой. Поглощение радиоволн также вызывается дождем и туманом, но, конечно, не в такой мере, как в оптическом диапазоне [2]. Также необходимо учесть, что чем меньше угол вхождения радиоволны в ионосферу, тем малая вероятность обратного отражения от слоя ионосферы (этот эффект уменьшается с ростом частоты).

Как известно, при наличии постоянного магнитного поля Земли, во время распространения в ионосфере волна расщепляется на две волны — обыкновенная и необыкновенная. Они имеют отличительные друг от друга фазовые фронты, приводящие к повороту плоскости поляризации суммарной волны. В результате этого сигнал, принятый линейно поляризованной антенной испытывает поляризационные замирания. В табл. 1 приведены результаты расчета скорости вращения вектора напряженности электрического поля в зависимости от частоты сигнала [1].

Доплеровский эффект на космической линии связи

Одной из особенностей связи с движущимися объектами (с космическим аппаратом в том числе) является то, что принятые сигналы отличаются по частоте от передаваемых. Это явление получило название «эффект Доплера». Суть его в том, что при передаче сообщения длительностью

t_0 оно принимается за время $t = t_0 \cdot \left[1 \pm \frac{v}{c} \right]$. При удалении источника излучения от наблюдателя частота сиг-



Рис. 1. Преломление радиоволны за счет перехода из границы раздела сред с различными диэлектрическими проницаемостями ϵ

Таблица 1

f, МГц	100	200	500	800	1000	2000	3000	5000
φ , град/с	1,7	0,43	$7 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$4,3 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-4}$

нала уменьшается, а при приближении к наблюдателю — увеличивается.

Таким образом, при достаточно больших скоростях движущегося источника излучения относительно приемника возникают доплеровский сдвиг и деформация спектра сигнала. Для компенсации влияния доплеровского эффекта в приемных устройствах применяют системы автоматической подстройки частоты местного гетеродина или в соответствии с орбитой ИСЗ применяют соответствующие поправки в несущую частоту передатчика. К сожалению, ни один из этих методов не способен на высоких скоростях движения небесных тел друг относительно друга устранить искажения спектра сигнала.

В 1977 году был запущен в космическое пространство автоматический зонд «Вояджер-1», исследующий солнечную систему и её окрестности. В данный момент он находится на границе Солнечной системы и вскоре ее покинет. Через несколько лет, по данным от ученых NASA, сигнал станет столь слабым, что принять его уже будет

невозможно. На 10 января 2012 года текущая скорость космического путешественника относительно Солнца — 17,0 км/с [3]. Частоты связи, на которых производится передача данных — 2295 и 8418 МГц [4]. Определим возможный сдвиг частоты при связи с этим кораблем.

$$\Delta f_{\text{Допл.1}} = f_0 \cdot \frac{v}{c} = -2295 \cdot \frac{17 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^8} = -0.13 \text{ МГц};$$

$$\Delta f_{\text{Допл.2}} = f_0 \cdot \frac{v}{c} = -8418 \cdot \frac{17 \cdot 10^3}{3 \cdot 10^8} = -0.477 \text{ МГц};$$

В заключение можно отметить несколько важных аспектов. Во-первых, при правильном выборе рабочих частот на космических радиолиниях ослабление сигнала определяется в основном ослаблением в свободном пространстве. Во-вторых, доплеровский эффект пропорционален частоте сигнала и проявляется все значительней с увеличением скорости движущегося объекта относительно наблюдателя.

Литература:

1. Л. К. Андрусевич, А. А. Ищук, К. А. Лайко, Антенны и распространение радиоволн: учебник для вузов, Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. — 396 с.
2. Электронный ресурс, сайт: <http://www.vokrugsveta.ru/vs/article/5956/>, дата обращения: 22.01.2016 г.
3. Электронный ресурс, сайт: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D1%8F%D0%B4%D0%B6%D0%B5%D1%80-1>, дата обращения: 23.01.2016 г.
4. Электронный ресурс, сайт: <http://informatik-m.ru/2011-06-20-18-25-05/dalnaja-kosmicheskaja-svjaz-vojadzher-1.html>, дата обращения: 23.01.2016 г.
5. М. Ю. Застела, «Основы радиоэлектроники и связи», Казань: ЗАО «Новое знание», 2009. — 340 с.

Влияние запаздывания сигналов на космических линиях связи на системы управления космических аппаратов

Курангышев Андрей Вячеславович, студент;

Дедушкин Андрей Витальевич, магистр;

Казначеев Артем Валерьевич, студент

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А. Н. Туполева

В статье рассматривается запаздывание сигналов на космических линиях связи. Приведен конкретный пример последствия дистанционного управления космическим зондом «Вояджер-1», который находился на огромном удалении от Земли. Также поднят вопрос об актуальности создания бортовых автоматизированных роботов с искусственным разумом для решения специальных задач, которые не под силу для «биологического разума».

Ключевые слова: «Вояджер-1», космический аппарат, запаздывание сигнала, дистанционное управление, зонд, космическая линия связи, искусственный разум.

В сентябре 1977 года в космическое пространство был запущен автоматический зонд «Вояджер-1» и «Вояджер-2», задачей первого являлось исследование Юпитера и Сатурна. С увеличением расстояния между зондом и Землей, в связи с конечной скоростью распространения радиоволн до корреспондента, возникала трудность в дис-

танционном управлении зондом, а именно из-за сильного запаздывания сигналов. По причине поздней отправки сигналов для корректировки пути полета зонда и иных причин не удалось вывести на заданные орбиты этих планет-гигантов. Впоследствии этот корабль продолжил движение к границе Солнечной системы и в 2012 вышел из ее пре-

дела. Сейчас информация, переданная космическим путешественником, бесценна для человечества. Но эта информация из-за огромного расстояния достигает до Земли в течение 17 часов с момента отправки [3]. Поэтому нахождение методов для уменьшения времени запаздывания радиосигналов в настоящее время имеет огромное значение.

Для оценки времени задержки сигнала требуется знание зависимости времени задержки между наземными станциями τ_{\max} от высоты орбиты космического аппарата КА. На рисунке 1 приведена зависимость максимального времени запаздывания сигнала на линиях космической связи в зависимости от высоты орбиты [1].

Как видно из графика зависимости, с увеличением расстояния между Землей и КА возникает большее значение задержки сигнала. При связи с космонавтами по методу дуплексной связи (прием и передача сигнала ведутся одновременно) из-за временной задержки возникают вынужденные паузы в разговоре между абонентами, что приводит к затруднению разговора. С временной за-

держкой сигнала, надеюсь, сталкивался каждый абонент мобильной связи, который когда-либо звонил в дальние уголки России или в другие страны. И любой человек скажет, насколько это неприятно, когда общаясь с другим абонентом, последний тебя перебивает. В связи с этим нормами Международного консультативного комитета радио (МККР) установлена величина максимального времени запаздывания сигнала между абонентами при телефонном обмене, равная 250 мс.

На линиях связи с космическими аппаратами запаздывание сигнала значительно больше, чем те, которые имеют место при работе с орбитальными объектами. В таблице 1 приведены задержки сигнала при радиообмене между Землей и космическим кораблем на поверхности или в окрестности планет солнечной системы с учетом их взаимного расположения.

Таблица 1 показывает, что огромное время задержки полностью исключает возможность дистанционного управления КА с Земли, включая системы жизнедеятель-

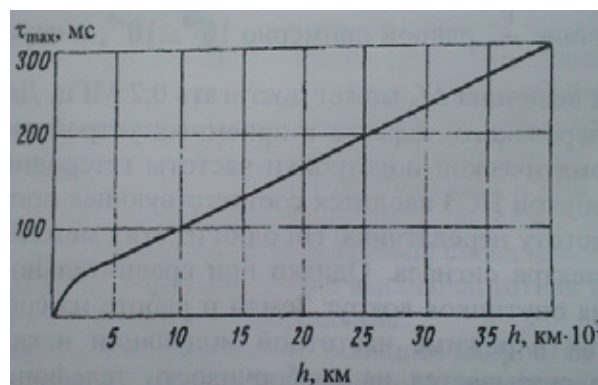


Рис. 1. График зависимости запаздывания сигналов на линиях космической связи

Таблица 1

Планета	Среднее расстояние от Земли, км	Задержка ответа корреспондента, с
Луна ¹	$380 \cdot 10^3$	2.5
Венера	$41.4 \cdot 10^6$	276
Марс	$78.3 \cdot 10^6$	522
Меркурий	$110.1 \cdot 10^6$	738
Юпитер	$1.16 \cdot 10^9$	4158
Сатурн	$1.28 \cdot 10^9$	8640
Уран	$2.25 \cdot 10^9$	18120
Нептун	$7.2 \cdot 10^9$	28980
Плутон*	$18.6 \cdot 10^9$	38400

*В 2006 году по решению чешских астрономов планета причислена к классу астероидов.

ности и контроля, комплекс оборудования для научных исследований и т. д.

Уменьшить время задержки радиосигналов практически невозможно, поскольку это время определяется расстоянием между объектами и скоростью распространения радиоволны. Скорость распространения радиоволны в воздухе немного меньше скорости света $c = 3 \cdot 10^8$ м/с и ограничено диэлектрической проницаемостью воздуха $\epsilon_{\text{возд}} = 1.00057$, а поскольку связь в космическом пространстве обеспечивается в безвоздушном пространстве, то $\epsilon_{\text{возд}} = 1$. Значит запаздывание сигнала в космическом пространстве, исходя из формулы 1, и так минимально.

Литература:

1. Л. К. Андрусевич, А. А. Ищук, К. А. Лайко, Антенны и распространение радиоволн: учебник для вузов, Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. — 396 с.
2. М. Ю. Застела, «Основы радиоэлектроники и связи», Казань: ЗАО «Новое знание», 2009. — 340 с.
3. Электронный ресурс, сайт: <http://spacegid.com/voyadzher-1-37-let-v-polete.html>, дата обращения: 20.01.2016 г.
4. Электронный ресурс, сайт: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D1%8F%D0%B4%D0%B6%D0%B5%D1%80-1>, дата обращения: 20.01.2016 г.
5. Электронный ресурс, сайт: <http://informatik-m.ru/2011-06-20-18-25-05/dalnaja-kosmicheskaja-svjaz-vojadzher-1.html>, дата обращения: 21.01.2016 г.

$$t_{\text{запазд}} = \frac{S}{c \cdot \sqrt{\epsilon_{\text{среды}}}} \quad (1)$$

Таким образом, в связи с невозможностью дистанционного управления космическими аппаратами, находящимися на огромном удалении от Земли, возникает необходимость в разработке бортовых высокоинтеллектуальных автоматизированных роботов с искусственным разумом, которые смогли бы выполнить те необходимые задачи, стоящие перед человечеством: исследование соседних планет, астероидов, космического пространства и других объектов Солнечной системы.

Оптимальные характеристики дисковых ножей передвижных раскройных машин швейного производства

Курбанов Фазлиддин Аминович, кандидат технических наук, доцент;
Сайлиев И. И., магистрант
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

В перерабатывающих отраслях агропромышленного комплекса, на швейных предприятиях широко используются дисковые ножи. Основные достоинства дисковых ножей заключаются в сравнительной простоте конструкции, удобстве в эксплуатации. Дисковые ножи обеспечивают качественную обработку материалов за счет высоких скоростей резания. Ножи такой формы удобны для заточки и санитарной обработки непосредственно в машине.

Наряду с этим существенным недостатком этих ножей, нередко проводящим к невысокому качеству резания, является их значительная толщина. Этот фактор увеличивает сжатие и трение продукции, что сказывается на количестве отходов и брака, возрастании шероховатости поверхности среза. Попытка уменьшения толщины дисковых ножей. Как правило, приводят к снижению их устойчивости и жесткости.

Научно-обоснованное разрешение указанного противоречия возможно путем комплексного анализа механики резания дисковыми ножами, основанного на одновременном рассмотрении силовых характеристик взаимодей-

ствия режущего инструмента с разрезаемым материалом и показателей устойчивости-жесткости дискового ножа.

Плоский дисковой нож схематически можно считать тонким кольцом переменной толщины со следующим устройством опорных закрепления. По внутреннему контуру диск заделан жестко, а по наружному — свободен. Величина нормальной составляющей силы резания. Соответствующая моменту потери ножевым диском устойчивости плоской формы равновесия, может быть названа критической:

$$P = \frac{\pi \cdot E \cdot S^3}{12(1-\mu^2)} + \frac{f(C_1 \lambda_1 P_T / P_N)}{D - d_{\phi}}$$

где: E — модуль упругости материала ножа,
 μ — коэффициент Пуассона,
 S — толщина ножа,

P_T, P_N — соответственно тангенциальная и нормальная составляющие усилия резания,
 d_{ϕ} — диаметр фланцев ножа,
 C — отношение диаметра фланцев к диаметру ножа.

Условие устойчивой работы дискового ножа может быть записано в следующем виде:

$$P_n'' \cos \varphi \leq P_n K p$$

где: P_n'' — составляющая силы резания на лезвии в направлении движения продукции,

φ — угол, зависящий от взаимной компоновки механизмов резания и подачи.

Тогда минимально необходимая толщина ножа:

$$S \geq \sqrt{\frac{12(1-\mu^2)(D-d)\rho_n'' \cos \varphi}{\pi + E + f(C_1 \lambda_1 P_r / P_n)}} \quad (1)$$

Учитывая конкретные значения параметров дисковых ножей, используемых для резания материалов, принимаем в соответствии с табличными данными

$$f(C_1 \lambda_1 P_r / P_n) = 0,1.$$

Проведенные расчеты показывают, что возникающая при резании нормальная составляющая полного усилия сравнима с $P_{нкр}$ при малых S . Поэтому потеря устойчивости плоской формы равновесия дискового ножа от сил возможно при резании пищевых материалов тонкими ножами ($S < 1,0$ мм). Вместе с тем необходимо учитывать, что вследствие начальных несовершенств (отклонение диска от плоскостности, приложение сил не в плоскости его вращения и т. д.) имеет место изгиб диска уже при малых значениях силы P_n .

Силы резания и неуравновешенные силы с системе «ножевой вал — опоры» могут являться причиной возникновения резонансных колебаний при увеличении частоты вращения ножа. Ввиду периодического характера эти факторы. Несмотря на сравнительно небольшую величину, могут вызвать при определенных условиях значительные поперечные колебания ножей, т. е. их динамическую неустойчивость, приводящую к ухудшению качества среза и возникновению опасности разрушения ножа.

Проведенные экспериментальные исследования дисковых ножей показали, что их критическая частота вращения может быть определена по формуле:

Литература:

1. Анастасиев, А. А. и др. «Машины, машины — автоматы и автоматические линии легкой промышленности» М. «Легкая индустрия» 1983 г.
2. Авторское свидетельство № 1728765/28—121974 г.

$$\Pi = 60f(\lambda^2 - B)^{-0,5} [\text{мм}^{-1}] \quad (2)$$

где: f — частота собственных колебаний дискового ножа

$$f = 2,5 * 10^{0,5} S R^{-2} A$$

S, R — соответственно толщина и радиус ножа, мм;

λ — число узловых диаметров,

A, B — постоянные коэффициенты, выбираемые в зависимости от λ .

Эксперименты показали, что при $C \leq 0,2$; $= 2$. Тогда $A = 567$; $B = 2,3$.

Таким образом, выбор кинематических и геометрических параметров дисковых ножей, используемых в машинах для резания материалов и полуфабрикатов, следует производить не с позиций перехода диска пластическое состояние (1), а по величинам критической силы, вызывающей потерю плоской формы устойчивости и критической частоты вращения приводящей к резонансным колебаниям.

Выбор оптимальных характеристик дисковых ножей может быть выполнено по номограмме. Предварительно рассчитывается величина нормальной составляющей R_p полного усилия резания R . Так как усилие на лезвии R_n равно 70—90% R , для упрощения расчетов будем считать, что образующаяся разница компенсирует начальные несовершенства форма диска. Отложив R_n на оси абсцисс, восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с прямой, соответствующей выбранному значению R . Затем на оси ординат находим толщину ножа S , удовлетворяющую условию (1). После этого определяем максимально допустимую скорость резания:

$$V_{кр} = \frac{\pi D n}{60}$$

Такая методика обеспечивает выбор минимально возможной толщины ножа и максимальной скорости резания, что является необходимым условием качественного резания материалов и полуфабрикатов.

Development of system and the basic perspective problems of the further improvement. Companion GPS constellation

Матёкубов Уткир Каримович, ассистент;

Авазов Эркин Шеримматович, старший преподаватель;

Янгибаева Мадина Рустамовна, ассистент

Ташкентский университет информационных технологий, Ургенчский филиал (Узбекистан)

First, true global navigating service can provide only use of companions, as any other system will obviously have local character. Land stations can be placed only in territory of the country or the friendly countries, sea open spaces in this case at all do not give in to full coverage. Secondly, use of the stations which are on a terrestrial surface, does not allow with necessary accuracy to define object height. Besides, use of the companions radiating a super high-frequency signal, allows to make the user equipment rather mobile. Mobility rises also because the greatest possible functional loading is taken out on companions and land stations of management, and the mobile intake should make only definitive processing of in advance prepared information. Each companion which is a part GPS, radiates a radio signal of a certain sort. Any user device GPS, civil or military, first, is the receiver of these radio signals (therefore there was not correct word combination «receiver GPS»). However, signals need to be accepted from companions, it is necessary to make measurement of their parameters, to take the information put in them and to make difficult enough calculations. The received information is necessary for displaying in a kind, clear to the person more often. The device which makes all these operations, name the user terminal (or Reception by the indicator) GPS whereas simply receiver GPS usually is only the module of more difficult device or complex system. However, it is traditional, in a life, mobile terminals GPS name simply receivers. As it often happens, requirements stimulate occurrence of new possibilities, and new possibilities, in turn generate new ideas and requirements. Therefore, for example, with the advent of portable receivers GPS there was an idea of creation of essentially new automobile system of safety. Such system is capable to trace precisely co-ordinates of the car and to transfer them to a control post, using usual cellular communication. There was a possibility essentially to reconstruct a control system of movement of trains, placing on them receivers GPS. The new system is capable to not only trace and optimize precisely movement of trains, but automatically to include a mode of emergency braking at dangerous rapprochement of structures [1].

More togas, now GPS are used even for the decision of such extremely critical problem, as automatic deducing of flying machines on landing path and further to a point of a contact with a runway. Certainly, in this case, especially rigid demands are made to system and special functional additions are applied. For example, precisely positioned land transmitter simulating signal of the companion (pseudo-list) can be supplementing component. Abroad absence of

unreasonable bureaucratic barriers and price availability of household receivers GPS have made the equipment of satellite positioning an obligatory element of equipment of tourists, hunters, anglers — differently, all who is compelled to travel far from the house. Foreign automobile firms build in equipment GPS some models of cars as the regular equipment. While it is only expensive models, but the tendency to a complete set by terminals GPS and models of an average price range is observed. It is possible not to doubt that sooner or later receiver GPS becomes an obligatory component of any car. These facts prove once again that in the near future systems of satellite navigation will influence more and more quality of our everyday life, and the information on their device and possibilities has the big informative value for people, the interested achievements of a modern science. Systems of satellite navigation and their appendix represent one of most dynamically developing branches of world economy. If to 2000 year, the total turnover of its production has made about 1 billion euro to 2005 year it will exceed 8 billion euro. The equipment of satellite navigation has found wide application and as considered as regular for sea and aircrafts, and at all most high-class, space vehicles. It became habitual means in land management, at monitoring, shootings of district and geodetic works. Release of rather inexpensive consumer equipment has caused the beginning of its occurrence in our life, sports, tourism and travel. Amazing distribution has received use of satellite equipment for automobile navigation. By 2000 year, relative density of a total cost of such devices in the European market according to firm Thales1 has made 73% whereas shares of aircraft and marine sea fleet have not exceeded 5 and 4% accordingly.

However we are on the threshold of even more powerful changes owing to the issued tendency to integration of mobile phones MS (Mobile Station) and receivers SRNS (Satellite radio navigating systems). The first samples of incorporated equipment GSM+GPS of firm Benison are let out on our market. Under forecast, Thales to 2005 years on united with GPS «tubes» 73% of the European market of products SRNS, on automobile receivers — 23% will have, and shares of aviation and sea means will not exceed 1% everyone (a Fig. 1.1.). Association of satellite navigating and mobile telecommunication technologies is defined by aspiration to provide the user exact knowledge of a place for its reference to information sources and effective work of service of rescue. Thus, satellite receivers have begun intrusion into area of communication, processing and data

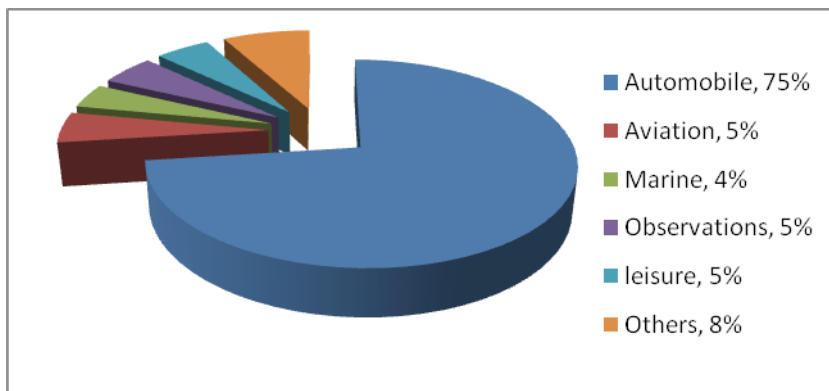


Figure 1: Distribution of European market SRNS

transmission, information technology and the Internet. At the same time satellite, radio-navigating systems are not at a stop. It is in a development and modernization GPS stage. All these factors define and support steady interest to questions of satellite navigation and its appendices from many readers, which is not satisfied with the available literature. Became a rare book; to the known book «Global satellite radio navigating system GLONASS» at all its advantages it is peculiar quite clear односторонность, such editions as «the Interface control document GLONASS», publications in periodic magazines have the limited circulation and the readers-experts, basically, in the field of radio engineering and navigation.

History of development SRNS: After the invention of radio and working out of designs of the directed aerials, quite obvious attempts to apply to the purposes of navigation the radio beacons working outside of optical visibility have been undertaken. Except sea navigation, radio beacons became widely will be applied (and are applied until now) in aircraft to a lining and correction of a course of flying machines. As a rule, they work in a range of average waves, and for signal reception the combined frame aerial with the narrow diagram me of an orientation is used. There are VHF-range beacons. Distinguish aviation radio beacons of a distant and near drive. Radio beacons allow correcting indications of an onboard magnetic compass and partially to replace or duplicate it. Accuracy of

work of an onboard radio compass allows pilots guaranteed to leave on such distance to airdrome at which the further visual orientation in space, for example, on district (small aircraft) or runway fires is possible. Problem in that there are no aerials with the ideal diagram me of an orientation, and the more sharply an aerial orientation, the more difficult its design. Besides, if we want, that the positioning system operated outside of optical visibility, we should use long enough radio waves, capable to bend around horizon. However, it is more long waves, the ideal directed aerial should have the big physical sizes. Therefore, accuracy of action of the directed aerial limited its reasonable constructive sizes. The error of definition of an azimuth on a radio beacon, presented to a kind nobody a corner ϕ , by the elementary geometrical transformations it is possible conditionally project in a counter corner ' with top of a position of a radio beacon. It is obvious that taking into account an error of azimuths, instead of exact coordinates we receive a certain area of a probable site. On distances to the radio beacons estimated in hundreds of kilometers, errors of measurement of an azimuth in degree shares are projected in an error of measurement the sites estimated in hundreds of meters. On extended airlines, the error of positioning of the flying machine reaches several kilometers on size of a lateral deviation from a line. In stationary conditions, it is possible to narrow considerably area of a probable site, assuming as a basis such corner of the aerial, which is an av-

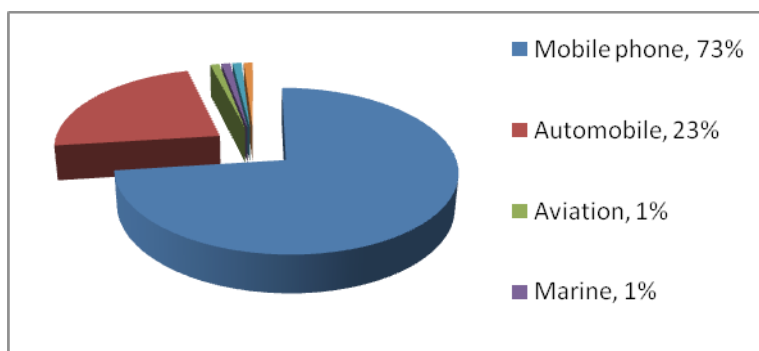


Figure 2: Distribution of European market SRNS, 2005 year

erage between two extreme authentic positions. However in practice, in the conditions of stably moving object what can be a small vessel choose correct directions extremely difficult as it is required coping all reception antenna knot. Similar mechanical systems are rather expensive and unreliable. Besides is in a case with two transmitters. If they are located on one line with the reception aerial, there is an absolute impossibility of definition of a site. Presence of the third radio transmitter eliminates an ambiguity problem, but only slightly raises accuracy of a fixing. Hence, for the successful decision of a problem of a fixing it is necessary to measure ranges, i. e. distances between the receiver and transmitters. Knowing only ranges to three transmitters located in one plane with the receiver, it is possible to solve a fixing problem unequivocally. Coordinates of object (point) are coordinates of a point of intersection of imagined circles with radiuses R_1 , R_2 and R_3 , equal to ranges. The third transmitter is necessary for elimination of the possible ambiguity arising at crossing of two circles (a point about and about '). It is obvious that in a case

with measurement of ranges the orientation of action of the reception aerial does not influence accuracy of positioning. However, crucial importance is got by accuracy of synchronization of time scales of transmitters and the receiver and size of the error arising at measurement of time of distribution of a signal. Occurrence in 1960 years of extremely exact atomic clock has allowed lowering essentially errors range finder foot method, to level, sufficient for its wide application in practice [2].

Summary. The described examples show the first results basing on data acquired at the mobile phones. On the one hand, the results presented in chapter 3 show some difficulties when the research problem methods for positioning and matching are applied. On the other hand, no geodetic accuracy has to be achieved. The determined deviations range from few 10 meters up to several 100 meters. The objective is to get an assignment of the mobile phone to the road network. A final solution for the specified application has been identified,

References:

1. Jiyun Lee. GPS-based aircraft landing systems with enhanced performance: beyond accuracy March 2005
2. J. Eberspächer, H.-J. Vögel, C. Bettstetter and C. Hartmann GSM — Architecture, Protocols and Services Third Edition 2009 John Wiley & Sons, Ltd.
3. А. В. Печаткин. Системы мобильной связи часть 1 Рыбинск 2008
4. Галкин В. А. Цифровая мобильная радиосвязь. Учебное пособие для вузов. — М.: Горячая линия — Телеком, 2007.

Исследование процесса цифровой обработки сигнала при работе с алгоритмом быстрого преобразования Фурье

Матвеев Дмитрий Владимирович, студент;
Смирнов Алексей Иванович, студент;
Латыпов Камиль Фаритович, студент

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А. Н. Туполева

Проведена оценка преобразования Фурье на примере цифровой обработки сигналов, построены графики и смеси сигнала с шумом, исследован спектр сигнала.

Ключевые слова: дискретное Преобразование Фурье, спектр сигнала, белый шум, импульс.

Преобразование Фурье стало мощным инструментом, применяемым в различных научных областях. В некоторых случаях его можно использовать как средство решения сложных уравнений, описывающих динамические процессы, которые возникают под воздействием электрической, тепловой или световой энергии. В других случаях оно позволяет выделять регулярные составляющие в сложном колебательном сигнале, благодаря чему можно правильно интерпретировать экспериментальные наблюдения в астрономии, медицине и химии.

Быстрое преобразование Фурье (БПФ, FFT) — алгоритм быстрого вычисления дискретного преобразования Фурье (ДПФ). То есть, алгоритм вычисления за количество действий, меньшее чем $O(N^2)$, требуемых для прямого (по формуле) вычисления ДПФ. Иногда под БПФ понимается один из быстрых алгоритмов, называемый алгоритмом прореживания по частоте/времени или алгоритмом по основанию 2, имеющий сложность $O(N \log(N))$. [1]

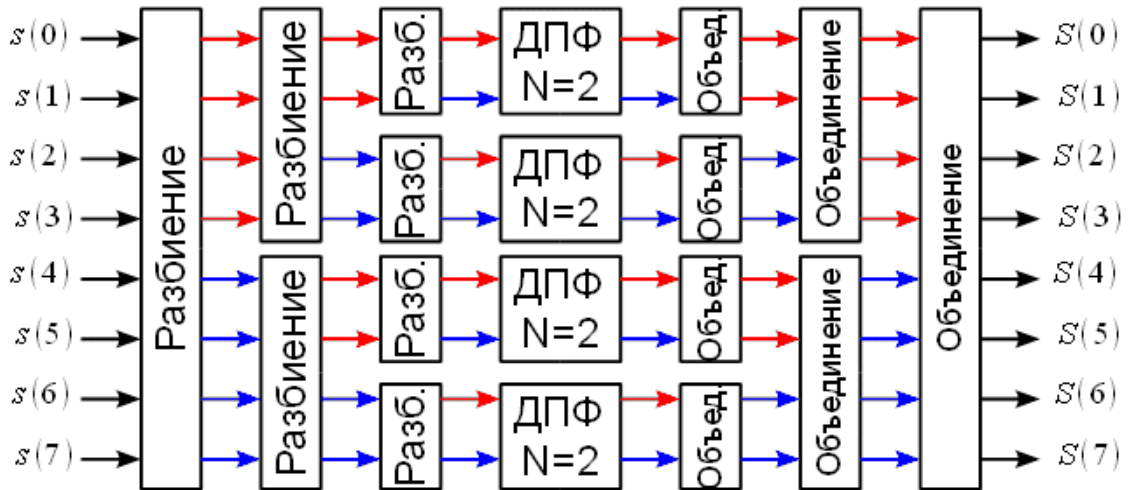


Рис. 1 Схема БПФ по основанию 2 с прореживанием по времени

Основой алгоритма, как видно по рис. 1, является «ДПФ N=2», именуемое операцией «Бабочка» [2], формула которой имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} Y_1 &= X_1 + X_2 \cdot W \\ Y_2 &= X_1 - X_2 \cdot W \end{aligned} \tag{1}$$

где $W = e^{-\frac{2\pi j k}{N}}$

Операция проста в реализации, но именно она определяет скорость работы алгоритма БПФ.

Алгоритм БПФ имеется во всех современных программных средах для решения технических задач. Например, в пакете прикладных программ MATLAB имеется готовая функция FFT. Её мы и будем использовать в данной работе.

Для того, чтобы оценить влияние широкополосного шума на спектр сигнала, используем следующий код в MATLAB:

```
clear all% Очистка памяти
Tm=5;% Длина сигнала (с)
Fd=512;% Частота дискретизации (Гц)
A1=1;% Амплитуда первой синусоиды
F1=13;% Частота первой синусоиды (Гц)
An=3*A1;% Дисперсия шума (Попугаев)
FftL=1024;% Количество линий Фурье спектра
T=0:1 / Fd: Tm;% Массив отсчетов времени
Noise=An*randn (1, length (T)); % Массив шума
Signal=A1*sind ( (F1*360).*T); % Массив сигнала
FftS=abs (fft (Signal, FftL)); % Амплитуды преобразования Фурье
FftS=2*FftS. / FftL;% Нормировка спектра по амплитуде
FftS (1) =FftS (1) / 2;% Нормировка постоянной составляющей
FftSh=abs (fft (Signal+Noise, FftL)); %FFT для смеси сигнал+шум
FftSh=2*FftSh. / FftL;% Нормировка спектра по амплитуде
FftSh (1) =FftSh (1) / 2;% Нормировка постоянной составляющей
subplot (2,1,1);% Выбор области окна для построения
plot (T, Signal); % Построение сигнала
title ('Сигнал'); % Подпись графика
xlabel ('Время (с) '); % Подпись оси x графика
ylabel ('Амплитуда'); % Подпись оси y графика
subplot (2,1,2);% Выбор области окна для построения
plot (T, Signal+Noise); % Построение смеси сигнал+шум
title ('Сигнал+шум'); % Подпись графика
xlabel ('Время (с) '); % Подпись оси x графика
ylabel ('Амплитуда'); % Подпись оси y графика
```

```
F=0: Fd / FftL: Fd / 2-1 / FftL;% Массив частот
figure% Создаем новое окно
subplot (2,1,1);% Выбор области окна для построения
plot (F, FftS (1: length (F))); % Построение спектра Фурье сигнала
title ('Спектр сигнала'); % Подпись графика
xlabel ('Частота (Гц) '); % Подпись оси x графика
ylabel ('Амплитуда'); % Подпись оси y графика
subplot (2,1,2);% Выбор области окна для построения
plot (F, FftSh (1: length (F))); % Спектр сигнала+шума
title ('Спектр сигнала'); % Подпись графика
xlabel ('Частота (Гц) '); % Подпись оси x графика
ylabel ('Амплитуда'); % Подпись оси y графика
```

В результате получаем следующие графики:

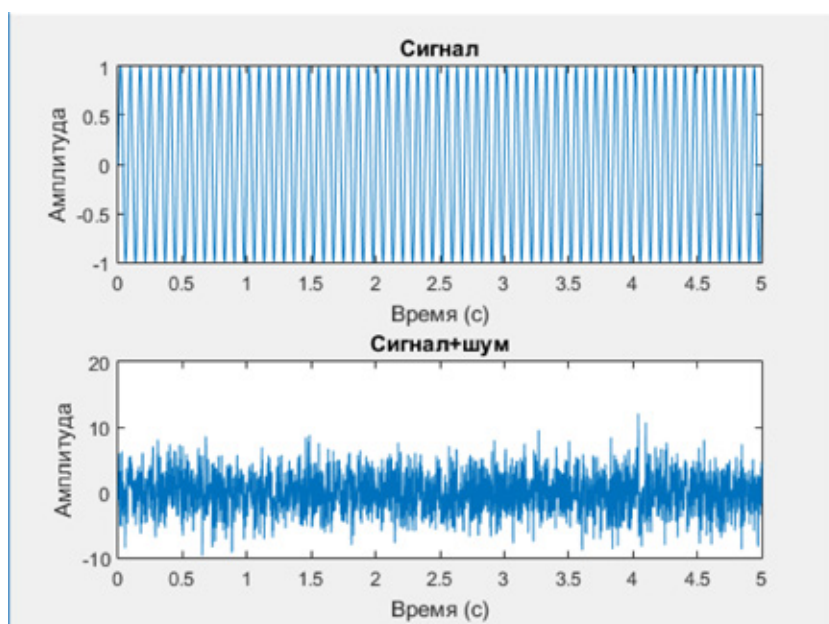


Рис. 2. График сигнала (наверху) и смеси сигнала и шума (внизу)

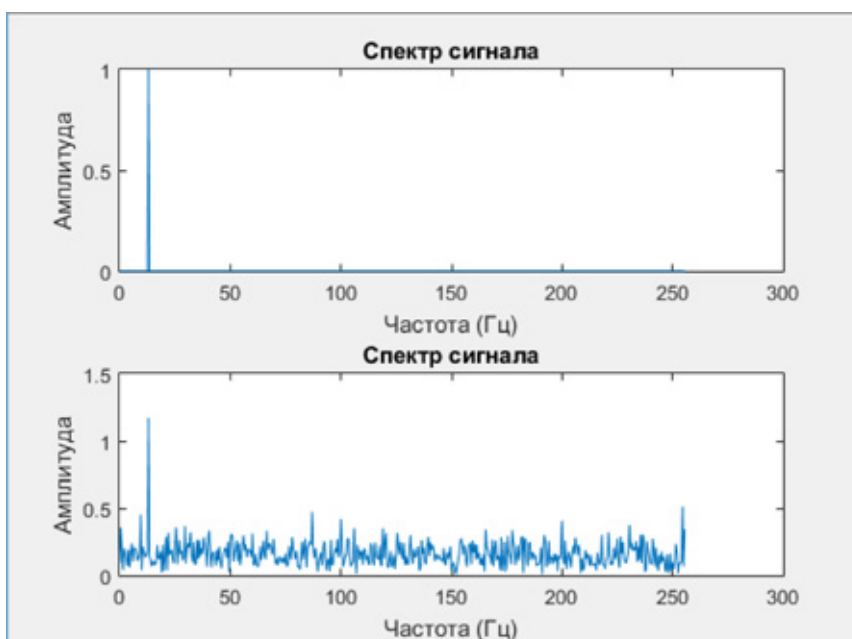


Рис. 3. Спектр сигнала (наверху) и спектр смеси сигнала и шума (внизу)

Из полученных графиков видно, что несмотря на то, что полезного сигнала не видно на фоне шума, спектральная характеристика позволяет определить его частоту и амплитуду. Таким образом, преобразование Фурье устойчиво к белому шуму и позволяет выделить полезный сигнал на фоне весьма значительной помехи.

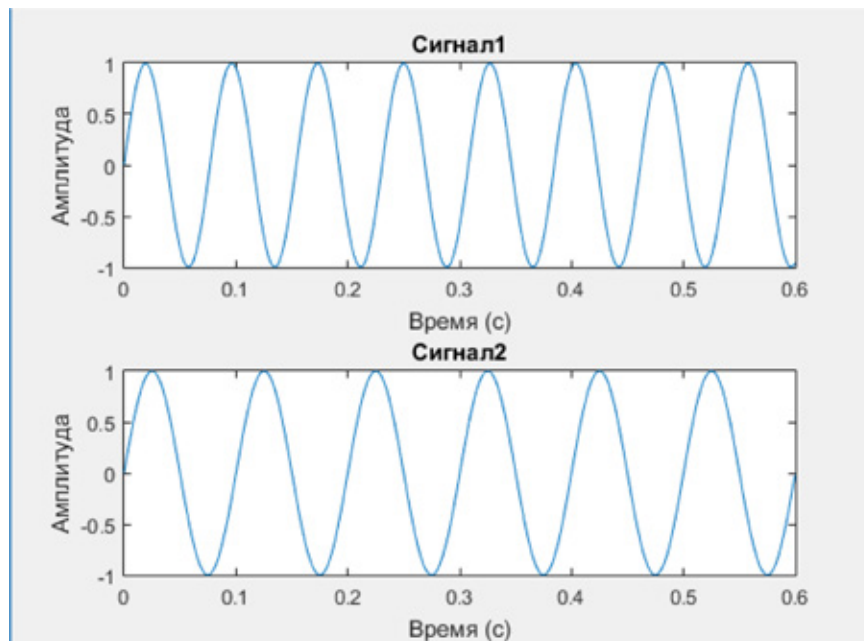


Рис. 4. Сигнал с неполным числом периодов (наверху) и полным (внизу)

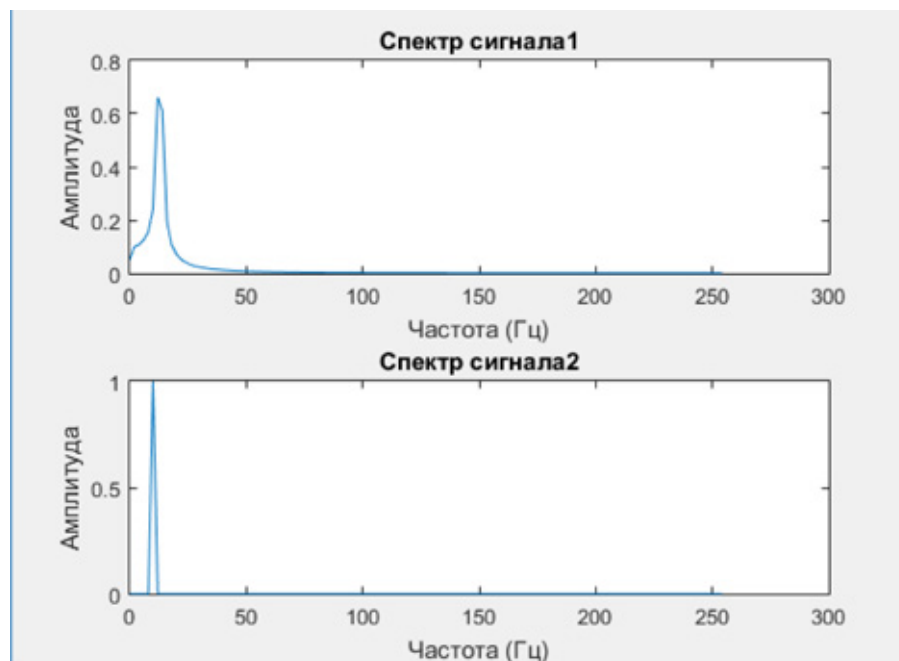


Рис. 5. Спектры сигналов с рис. 4

Мы наблюдаем заметное расширение для 1-го сигнала (с неполным числом периодов). Причина этого в том, что мы задаем сигнал, ограниченный во времени, а для преобразования Фурье этот сигнал «продолжается» и считается непрерывным. Проиллюстрировать это следует так, как показано на рис. 6

Скачок, выделенный на рисунке 6 и дает расширение спектра. Следует отметить, что этот скачок не приводит к появлению высокочастотной составляющей спектра, а напоминает по форме спектр импульса.

Таким образом можно сделать вывод о том, что при одинаковой частоте, но разным количестве временных отсчетов, мы получим аналогичное искажение спектра сигнала.

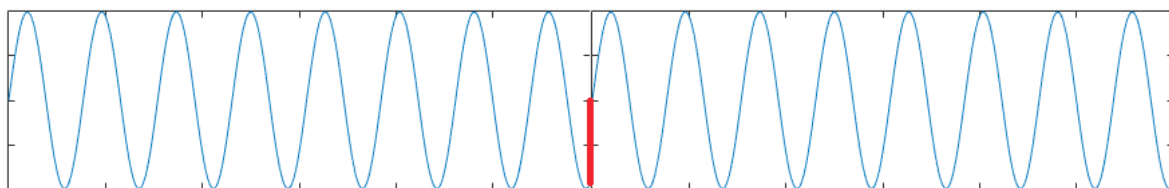


Рис. 6

Литература:

1. Ряды Фурье. Интегралы Фурье. Преобразование Фурье: учебно-методическое пособие/сост.: Н.П. Семенчук, Н.Н. Сендер; Брест. Гос. Ун-т имени А.С. Пушкина. — Брест: БрГУ, 2011. — 42 с.
2. Колмогоров, А.Н., С.В. Фомин. Элементы теории функций и функционального анализа. М.: Наука, 1981, 544 с.
3. Scientific American, Издание на русском языке, № 8 Август 1989 с. 48–56.

Резонансный метод определения частоты

Матвеев Дмитрий Владимирович, студент;
Смирнов Алексей Иванович, студент;
Латыпов Камиль Фаритович, студент

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева

Описан резонансный метод измерения частоты, выявлены источники погрешности, рассмотрены различные типы частотомеров.

Ключевые слова: частота, резонанс, частотомер, нестабильность частоты, четвертьволновый трансформатор

Спектр частот электромагнитных колебаний, используемых в радиотехнике, простирается от долей герца до тысяч гигагерц. Этот спектр вначале разделяют на два диапазона — низких и высоких частот. К низким частотам относят и инфра звуковые (ниже 20 Гц), звуковые (20—20000 Гц) и ультразвуковые (20—200 кГц). Высокочастотный диапазон, в свою очередь, разделяют на высокие частоты (20 кГц — 30 МГц), ультравысокие (30—300 МГц) и сверхвысокие (выше 300 МГц). Верхняя граница сверхвысоких частот непрерывно повышается и в настоящее время достигла 80 ГГц (без учета оптического диапазона). Такое разделение объясняется разными способами получения электрических колебаний и различием их физических свойств, а также особенностями распространения на расстояние. Однако четкой границы между отдельными участками спектра провести невозможно, поэтому такое деление в большой степени условно.

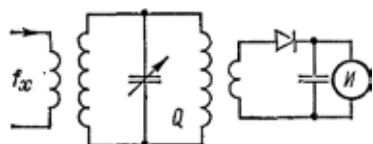


Рис. 4. Схема резонансного частотомера

Источник напряжения измеряемой частоты f_x с помощью элемента связи ЭСв соединяется с прецизионным измерительным контуром ИК, который настраивается в резонанс с частотой f_x . Момент резонанса фиксируется по максимальному показанию индикатора, присоединенного к контуру через второй элемент связи. Измеряемая частота определяется по градуированной шкале микрометрического механизма настройки с большим числом отсчетных точек. Контур и индикатор конструктивно объединены в устройство, называемое *резонансным частотомером*.

Схема резонансного частотомера (рис. 4) позволяет выявить источники погрешности измерения. Погрешность градуировки определяется качеством механизма настройки;

ее можно уменьшить путем предварительной градуировки шкалы частотомера с помощью образцовой меры. Нестабильность частоты измерительного контура возникает вследствие изменения его геометрических размеров под влиянием изменения температуры окружающей среды; ее можно вычислить по следующей формуле:

$$\frac{\Delta f}{f_0} = -\alpha k \Delta T$$

где Δf — отклонение частоты от резонансной под влиянием изменения температуры на ΔT , К; α — линейный температурный коэффициент расширения материала контура; k — конструктивный коэффициент. Нестабильность настройки контура возникает также при изменении вносимых реактивных сопротивлений со стороны источника f_x и индикатора. Активные вносимые сопротивления уменьшают добротность контура.

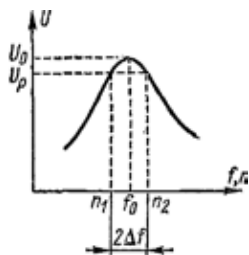


Рис. 5. Резонансная кривая колебательного контура

Уменьшение влияния вносимых сопротивлений достигается ослаблением связи с источником f_x и индикатором.

Неточность фиксации резонанса определяется значением добротности контура Q нагруженного измерительного контура и разрешающей способностью индикатора. Из уравнения резонансной кривой (рис. 5) можно получить формулу для расчета относительной погрешности от неточности фиксации резонанса:

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \pm \frac{\sqrt{\left(\frac{U_0}{U}\right)^2 - 1}}{2Q} \quad (3)$$

где U_0 — показание индикатора при резонансе; U — показание при расстройке измерительного контура на Δf .

Измерительный контур резонансного частотомера в зависимости от диапазона частот, для которого он предназначен, выполняется с сосредоточенными или распределенными параметрами. Резонансные частотомеры с сосредоточенными параметрами в настоящее время полностью вытеснены цифровыми частотомерами, а с распределенными параметрами широко применяются в диапазоне СВЧ.

Резонансные частотомеры характеризуются диапазоном измерения частот, погрешностью и чувствительностью, т.е. минимальной мощностью, поглощаемой от источника измеряемой частоты, необходимой для уверенного отсчета показаний индикатора при резонансе.

Резонансные частотомеры с распределенными параметрами. Колебательный контур частотомера выполняют либо в виде отрезка коаксиальной линии, либо в виде объемного резонатора. Настройка коаксиальной линии производится изменением ее длины, объемного резонатора — изменением его объема.

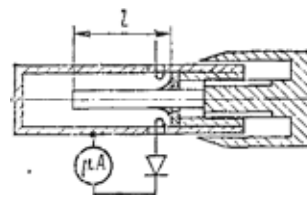


Рис. 6. Четвертьволновый резонансный частотомер

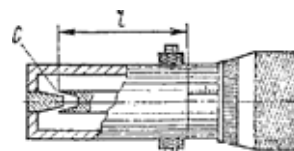


Рис. 7. Резонансный частотомер с нагруженной линией

Частотомеры с распределенными параметрами связывают с источниками измеряемой частоты через штыревую или рупорную антенну или через элементы связи в виде петель; зондов, щелей и круглых отверстий. На входе частотомера часто включают аттенуаторы с переменным ослаблением для регулировки входной мощности. Иногда применяют направленные ответвители.

Индикатор частотомера состоит из полупроводникового (германиевого или кремниевое) диода и магнетического микроамперметра большой чувствительности. Связь диода с измерительным контуром осуществляется через петлю связи, располагаемую внутри коаксиальной линии или объемного резонатора. Если частотомер предназначен для использования при импульсной модуляции, то видеопульсы, получившиеся после детектирования диодом, поступают на транзисторный усилитель и амплитудный вольтметр. Параллельно последнему можно включить осциллограф.

Коаксиальные частотомеры выполняют в основном двух типов: четвертьволновые и с нагруженной линией.

Четвертьволновый резонансный частотомер представляет собой разомкнутый отрезок коаксиальной линии (рис. 6). Настройка его осуществляется с помощью микрометрического механизма со шкалой, градуированной в единицах длины l . Резонанс, в линии наступает при l , равной нечетному числу четвертей длины волны.

$$l \approx (2n + 1) \frac{\lambda}{4}$$

где $n = 0, 1, 2, \dots$

Отсчеты l_1 и l_2 соответствуют $\lambda/4$ и $3\lambda/4$, поэтому их разность равна половине длины волны. В общем случае

$$l_1 - l_2 = [2(n + 1) + 1] \frac{\lambda}{4} - (2n + 1) \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda}{2}$$

Четвертьволновые частотомеры применяются на частотах 600 МГц — 10 ГГц. Погрешность измерения лежит в пределах $10^{-3} - 5 \cdot 10^{-4}$.

Резонансный частотомер с нагруженной линией отличается от четвертьволнового тем, что разомкнутая коаксиальная линия нагружается емкостью C , образуемой

торцами внутреннего и наружного проводников (рис. 7). Резонанс в нагруженной линии наступает при выполнении условия

$$\frac{1}{\omega C} = \rho * \operatorname{tg} \beta * l = 138 \operatorname{lg} \frac{D}{d} \operatorname{tg} 2\pi \frac{l}{\lambda}$$

где D — внутренний диаметр внешнего проводника; d — внешний диаметр внутреннего проводника; ρ — волновое сопротивление линии.

При настройке такого частотомера одновременно изменяются и длина линии l , и емкость C . Перекрытие, по сравнению с четвертьволновым частотомером, возрастает в 2—3 раза. Двумя частотомерами с нагруженной линией перекрывается диапазон частот от 150 до 1500 МГц. Измеряемую частоту определяют с помощью градуировочных таблиц или графиков. Погрешность измерения $5-10^{-3}$.

Резонансный частотомер с объемным резонатором настраивается передвижением подвижного поршня

(плунжера). Возбуждаемые внутри полости резонатора стоячие волны бывают различных типов. Это зависит от способа введения возбуждающего электромагнитного поля. При возбуждении цилиндрического резонатора через отверстие в центре торцевой стенки (рис. 8, а) возникают колебания типа H_{111} . Из электродинамики известно, что собственная длина волны, в резонаторе связана с его диаметром a и высотой l следующей зависимостью:

$$(L/l)^2 + 1,37 (l/d)^2 = (2/\lambda_{111})^2$$

Если положить $l = d$, то $\lambda_{111} = 1,3 d$.

При возбуждении полости резонатора через отверстие в ее боковой стенке возникают колебания типа H_{011} (рис. 8, б). Поле этих волн характерно отсутствием токов проводимости между торцевой и цилиндрической стенками резонатора, что позволяет применить для настройки бесконтактный плунжер. Проникающая при этом в нерабочее пространство за поршнем энергия поглощается предусмотренным

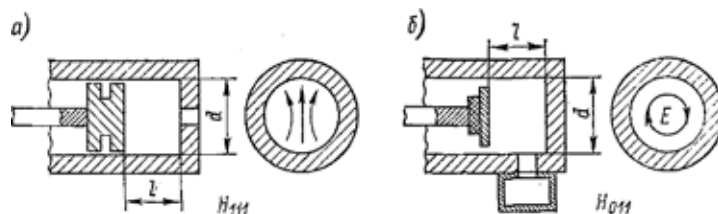


Рис. 8. Схемы частотомеров с объемными резонаторами

Литература:

1. Данилин, А. А. Измерения в технике СВЧ: Учеб. пособие для вузов. — М.: Радиотехника, 2008.-184с
2. Дворяшин, Б. В. Метрология и радиоизмерения/Учеб. Пособие для студентов ВУЗов, — М.: Издательский центр «Академия», 2005. — 304с
3. Метрология и радиоизмерения/Учебник для ВУЗов./Под ред. В. И. Нефедова, — М.: Высшая школа, 2003.
4. Винокуров, В. И., Каплин С. И., Петелин И. Г. Электрорадиоизмерения. — М.: Высш. шк., 1986.
5. Измерения в электронике. Справочник/Под ред. В. А. Кузнецова. — М.: Энергоатомиздат, 1987.—512 с.
6. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Измерения на СВЧ». А. А. Данилин, В. Н. Малышев, М. Л. Тылевич. — ЛЭТИ. — Л.:1990. — 28 с.

Разработка и описание временно-импульсной диаграммы функционирования устройства передачи сигналов на основе программируемых логических интегральных схем, повышающей надежность связи в волоконно-оптических системах связи при WDM

Машарипов Отабой Матякубович, ассистент;

Матёкубов Уткир Каримович, ассистент;

Атаханов Мирдада Нуриддинович, студент

Ташкентский университет информационных технологий, Ургенчский филиал (Узбекистан)

С развитием современной техники и технологий, вычислительных средств, освоением новых оптических диапазонов волн, стало возможным использование ВОЛС высокой эффективности. Особенно сейчас, когда многие промышленно развитые страны мира стали использовать особенности, свойства и возможности среды передачи на ее основе. При этом наиболее перспективным является спектральный метод уплотнения канала, осуществляемый в соответствии с международным стандартом [1]. Данный метод позволяет одновременно передавать несколько информационных каналов по одному оптическому волокну на разных несущих частотах. WDM (англ. *Wavelength-division multiplexing*, WDM, буквально *мультиплексирование с разделением по длине волны*) — технология, позволяющая одновременно передавать несколько информационных каналов по одному оптическому волокну на разных несущих частотах. Это позволяет существенно увеличить пропускную способность канала. Причем она позволяет использовать уже проложенные волоконно-оптические линии [7]. Благодаря WDM удается организовать двустороннюю многоканальную передачу трафика по одному волокну. В простейшем случае, каждый лазерный передатчик генерирует сигнал на определенной частоте из частотного плана. Все эти сигналы, перед тем, как они вводятся в оптическое волокно, объединяются мультиплексором (MUX). На приемном конце сигналы аналогично разделяются демультиплексором (DEMUX). Здесь, так же как и в SDH сетях, мультиплексор является ключевым элементом. Исторически первыми возникли двухволновые WDM системы, работающие на центральных длинах волн — из второго и третьего окон прозрачности волокна (1310 и 1550 нм). Главным достоинством таких систем является то, что из-за большого спектрального разноса полностью отсутствует влияние каналов друг на друга. Этот способ позволяет, либо удвоить скорость передачи по одному оптическому волокну, либо организовать дуплексную связь.

Наряду с этим возникает проблема повышения надежности связи на всех участках волоконно-оптической системой связи (ВОСС) при WDM, применяя новые подходы, пути и средства, обеспечивающие требуемую гарантированную безотказную работу. Следовательно, в контексте последнего, решение этой проблемы становится актуальным и своевременным.

Авторами настоящей статьи предлагается разработка временно-импульсной диаграммы модифицированного варианта устройства передачи сигналов с использованием ПЛИС, повышающей надежность связи в волоконно-оптических системах связи (ВОСС) при WDM. Цель данного устройства [2], в ВОСС с WDM обеспечить требуемые показатели отказоустойчивости при сохранении высокого быстродействия работы и качества информации. Это достигается путем определения направления, в котором расположена запрашиваемая станция, посылкой оптического сигнала только в этом направлении и блокированием на время передачи и приема сообщений для других станций. Предлагаемое устройство содержит в своем составе совокупности ряда элементов, как электронных, так и оптических и их сочетания. Функциональная схема устройства и блок-схема оптического приемопередатчика приведены в ранее опубликованной статье.

Следовательно, необходимо будет оценить степень влияния ее на показатели надежности ВОСС при WDM с предложенным устройством. Для этого требуется произвести расчет и оценить интенсивности отказов, суммируя все однородные элементы (ИМС) и передающих и приемных средств, по следующим формулам [3]:

$$\lambda_1(t) = \sum_{i=1}^n \lambda(t) \quad (1)$$

$$\lambda_2(t) = \sum_{i=1}^n \lambda_{np}(t) \quad (2)$$

$$\lambda_3(t) = \sum_{i=1}^n \lambda_{nep}(t) \quad (3)$$

где: $\lambda_1(t)$ — интенсивности отказов блок элементов, «ПЛИС, блоки матрица произведений», «ПЛИС, блоки суммы матриц», «ПЛИС, матрицы произведений», «ПЛИС, матрица суммы» $\lambda_2(t)$, и $\lambda_3(t)$ — интенсивности отказов приемника передатчика и передатчика соответственно.

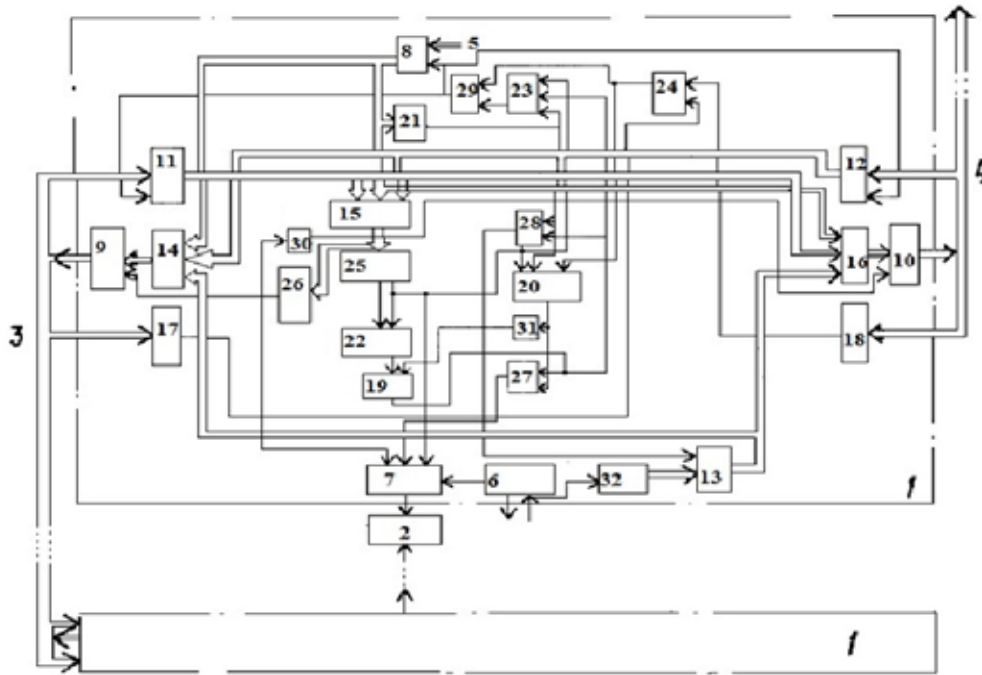


Рис. 1. Функциональная схема УПС

На рис 1. приведена функциональная схема УПС базового варианта. Основной характеристикой надежности УПС является вероятность $P(t)$ его безотказной работы в течение времени t . Суммы интенсивности отказов равны: $\lambda_1(t)=55 \cdot 10^{-6}$, $\lambda_2(t)=20 \cdot 10^{-6}$, $\lambda_3(t)=20 \cdot 10^{-6}$. Учитывая суммы интенсивности $\lambda(t)$ отказов, т. е. число отказов в единицу времени, определяем вероятность безотказной работы в течение 2000 ч: $P(2000) = e^{-\lambda(t) \cdot t}$ $P(t) = e^{-\lambda(t) \cdot t} = e^{-55 \cdot 10^{-6} \cdot 2000} = 0,8958$

Результаты расчета отказоустойчивости ПЛИС выполнены в работе [8]. Воспользовавшись ими, а также приведенными выше результатами расчета основных показателей и характеристик, определяющих среднюю интенсивность и вероятность безотказной работы базового варианта устройства, получим соответственно результаты по базовому и модифицированному вариантам, которые составляют соответственно:

$$\lambda_0(t)=55 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч } P_0(t) = e^{-\lambda(t) \cdot t} = e^{-55 \cdot 10^{-6} \cdot 2000} = 0,8958$$

$$\lambda_n(t)=44,8 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч } P_n(t) = e^{-\lambda(t) \cdot t} = e^{-44,8 \cdot 10^{-6} \cdot 2000} = 0,9231$$

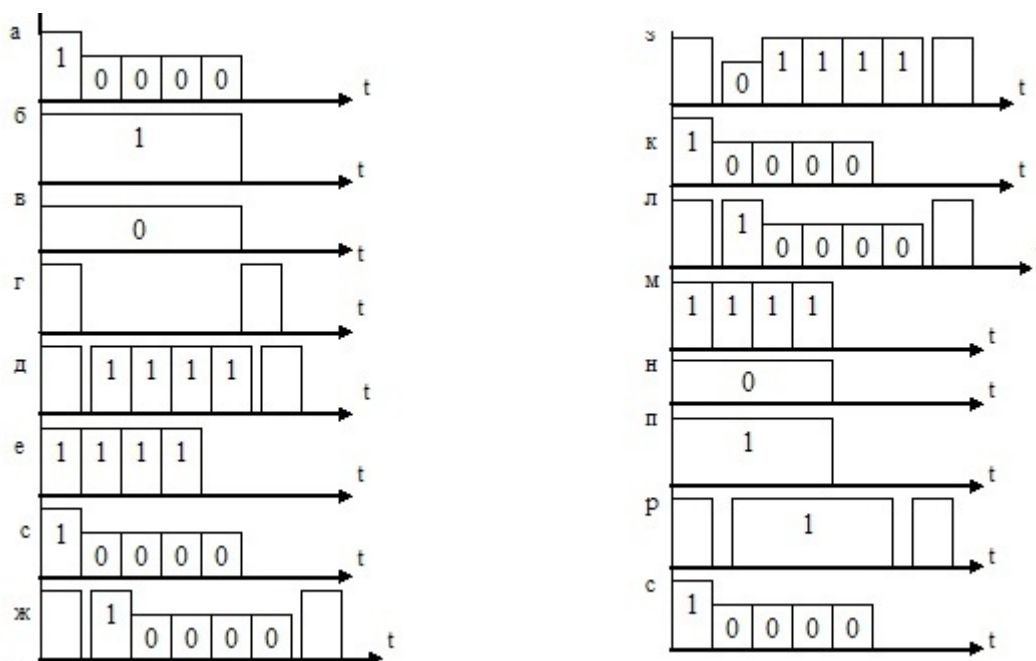


Рис. 2. Временная-импульсная диаграмма функционирования УПС

Сравнение этих данных позволяет судить, что при одинаковых отрезках времени (при $t=2000$ ч) вероятность безотказной работы модифицированного варианта выше, чем базового варианта. Поэтому модификация базового варианта УПС значительно улучшит показатели надежности при использовании ПЛИС.

Ниже приведены интенсивности отказов отдельных элементов УПС.

$$\lambda(t) = 0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 6 = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч} \quad \lambda(t) = 0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 3 = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч}$$

$$\lambda(t) = 0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 3 = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч} \quad \lambda(t) = 0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 5 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч}$$

$$\lambda(t) = 0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 2 = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч} \quad \lambda(t) = 0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 3 = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч}$$

$$\lambda(t) = 0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 2 = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч} \quad \lambda(t) = 0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 1 = 0,6 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч}$$

$$\lambda(t) = 20 \cdot 10^{-6} \cdot 2 = 40 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч}$$

На рис. 2 приведены данные по функционированию данного устройства с представлением эпюров время импульсной диаграммы работы.

Заключение по данной работе:

Внедрение новых технологий и их принципов, методов и средств, повышающих эффективность ВОЛС, требует разработки адекватных новых мер и подходов, обеспечивающих ее надлежащую надежность.

Авторами предлагаются возможные области применения нового модернизированного варианта устройства, реализуемого на базе ПЛИС.

Авторы надеются, что имеется реальная возможность осуществить данные задумки при выполнении условия экономической выгоды при достижении высокого качества трафиков, используемых абонентами. И, следовательно, обеспечить новыми аппаратными программными средствами существующие ВОЛС при WDM.

Таким образом, предложенное устройство может найти свое применение в зональных, локальных и корпоративных сетях, а также в городских сетях ВОЛС с доставкой данных больших объемов до последней «мили» с высокой надежностью и эффективностью использования канала связи.

Сравнение отказоустойчивости базового и модифицированного вариантов УПС позволяет сделать вывод, что в последнем случае, при сохранении требуемой отказоустойчивости, удастся увеличить (в 10 и более раз) число запрашиваемых станций и количество предоставляемых услуг. Это дает возможность увеличения трафика сообщений и услуг, предоставляемых до последней мили, с высокими качественными показателями, обеспечивая требуемую надежность связи в ВОЛС в спектральном уплотнении.

Литература:

1. Слепов, Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи. 2001.
2. Э.Б. Махмудов, Д.В. Протопопов и Э.Н. Биктимиров А. С 1688427. Устройство передачи сигналов. 1991.
3. З. Райкин А. Л. Элементы теории надежности технических систем 1978.
4. Э.Б. Махмудов. Об одном методе повышения надёжности и достоверности связи. В сб. трудов ФРРТ ТЭИС под редакцией академика Т.Д. Раджабова Издательство РИС, Ташкент 1993. — 88–89 с.
5. Журнал «Технологии защиты — Украина» № 2, 2010
6. <http://ru.wikipedia.org/w/index.php>
7. А.В. Листвин, В.Н. Листвин, Д.В. Швырков Оптические волокна для линий связи. — М.: ЛЕСАРпт, 2003
8. Сетевой электронный научный журнал «Системотехника» № 7, 2009

Упрощение производственного процесса за счет использования систем технического зрения

Мисюров Михаил Николаевич, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Производственные процессы требуют использования все большего числа методов автоматизации. На помощь приходит множество систем по улучшению качества и упрощения производства. Одной из таких систем является система технического зрения. Рассмотрены различные отрасли применения систем технического зрения и задачи, решаемые с помощью систем технического зрения.

Ключевые слова: система технического зрения, автоматизация процессов, ручной хват.

Автоматизированные производственные системы, в которые детали перемещаются от одного обрабатываемого участка к другому с фиксированной пространственной ориентацией, оказываются экономически неэффективными при выпуске малых партий изделий из-за большого вклада специализированных фиксирующих приспособлений в стоимость продукции. В этих условиях большие перспективы имеют «бесфиксаторная» технология, в которой необходимая информация о пространственных характеристиках детали обеспечивается системами технического зрения (СТЗ) [1].

Что же такое СТЗ? Системами технического зрения называют сенсорные устройства, обеспечивающие получение изображений рабочих сцен и объектов, их преобразование, обработку и интерпретацию с помощью ЭВМ, а также передачу результатов управляющему устройству робота. Среди различных систем оучувствления роботов СТЗ обладают наибольшей информативной емкостью, обеспечивая по некоторым оценкам от 80 до 90 % всей необходимой для успешного функционирования робота информации.

Техническое, или машинное, зрение реализует сложный процесс выделения, идентификации и преобразования видеоинформации, который содержит шесть основных этапов: 1) получение (восприятие) информации; 2) предварительная обработка; 3) сегментация; 4) описание; 5) распознавание и 6) интерпретация.

Для широкого круга практических задач, для правильного выполнения очередной операции достаточно знать, объект какого типа находится в данный момент на линии, а пространственное положение однозначно определяется его типом. На предприятиях нередко используется система технического зрения, включающая в свой состав микропроцессор и камеру на базе твердотельной линейки фотоприемников. Форма детали дает информацию, необходимую для принятия системой правильного решения [2].

Также используются более сложные системы технического зрения. Они позволяют идентифицировать маркировку, например, автомобиля. Маркировка содержит информацию о всех деталях, которые должны быть смонтированы на кузове одного типа. Другие виды СТЗ ис-

пользуются для классификации пластиковых корпусов, находящихся на конвейере, выбор (в соответствии с результатами классификации) и автоматической смены схвата робота, удаляющего заусенцы с деталей. Данная система также обеспечивает информацию о положении корпуса, достаточную для правильного захвата его роботом и ориентирования по отношению к обрабатываемому инструменту. Процедура перестройки состоит в программировании робота на новую траекторию перемещения инструмента и «обучении» зрительной системы новому типу деталей.

Использование СТЗ может охватывать множество сфер производства. СТЗ применяется для обработки целого ряда наборов валов. Некоторые из типов деталей настолько похожи, что их невозможно различить по внешним очертаниям. В этих случаях робот подносит деталь ко второй камере, которая воспринимает изображения специальной маркировки на валу.

Помимо этого, СТЗ может решать важную задачу выборки деталей требуемого типа из бункеров, содержащих разнотипные детали. Во время работы компоненты находятся вокруг рабочего места. При автоматизации процесса сборки нужно использовать метод машинного видения для обеспечения манипулятора нужной ему информацией. Свое применение в промышленности находят методы обработки бинарных изображений, однако эти методы требуют:

1. Наличия резкого контраста между фоном и изображением
2. Отделения деталей друг от друга
3. Ограничения поворота плоскостью, параллельной плоскости изображения

Чтобы эти условия не нарушались, нужно не смешивать детали, а хранить их в строго ориентированном положении сразу же после процесса изготовления.

Однако применять бинарные методы для перемещения руки манипулятора затруднительно, так как силуэт детали может оказаться грубоватым. В этом случае лучше точно определить положение детали путем сопоставления игольчатой диаграммы с диаграммой, вычисленной по прототипу объекта, и привлечения известной к этому моменту ориентации объекта.

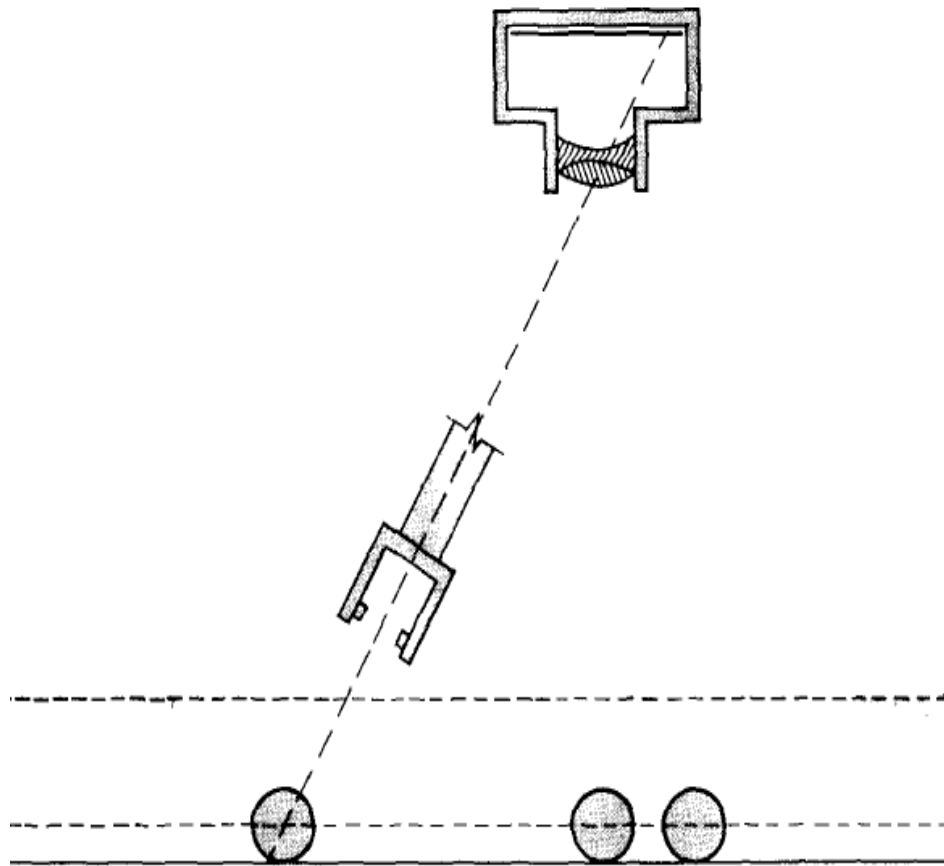


Рис. 1. Отсутствие информации об абсолютной глубине при использовании ручного хвата

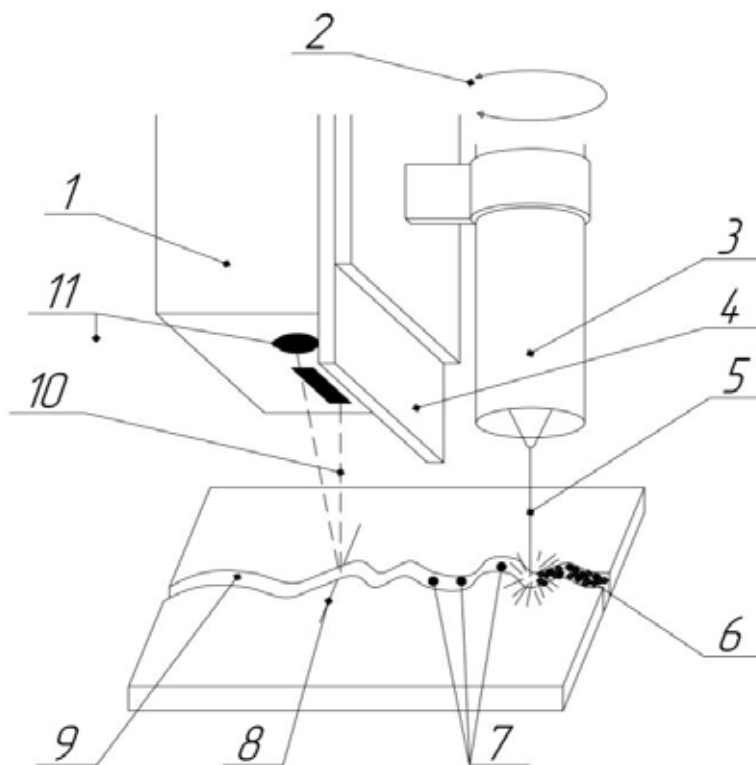


Рис. 2. Схема работы системы: 1 — сенсор; 2 — вращение в запястье робота; 3 — сварочная головка; 4 — защитный экран; 5 — сварочная проволока 6 — сварочный шов; 7 — позиция коррекции; 8 — линия сканирования 9 — стык свариваемых деталей; 10 — сканирующий луч; 11 — камера [4]

Как видно на рис. 1 ориентация объекта известна, о его положение мы знаем только то, что он лежит на данном луче, идущем от камеры. Ручной хват будет двигаться вдоль этого луча до того момента, пока не сработает датчик близости. После этого можно переориентировать руку манипулятора на то, чтобы взять объект [3].

Ещё одной отраслью, где с успехом используется СТЗ, является сварочная отрасль. При сварке СТЗ позволяет отслеживать линию соединения деталей, которая может смещаться по отношению к программному положению за счет ошибок фиксации или термического расширения металла [4].

Разрабатываются системы для других видов сварки, а также для автоматизации процессов склейки и герметизации изделий без использования фиксирующих приспособлений.

Все эти системы позволяют автоматизировать ряд операций при выпуске партий, слишком малых, чтобы оправдать разработку «жестких» автоматов. Применение сенсоров, включая ультразвуковые дальномеры и оптические системы, имеет особенно большое значение при автоматизации сборочных операций [5–6].

Повышение уровня «интеллекта» систем открывает большие перспективы, так как позволяет снизить требования к условиям их работы, квалификации операторов и повысить гибкость производства. Затраты на «интеллектуализацию» робототехнической систем не кажутся чрезмерными, исходя из той выгоды, которую мы можем приобрести. Использование умных систем в производстве позволит отраслям развиваться и находить пути повышения экономичности и качества объектов.

Литература:

1. Поезжаева, Е. В. промышленные роботы: учеб. пособие: в 3 ч./Е. В. Поезжаева. — Пермь: Изд-во Перм. гос. тех. ун-та, 2009. — Ч. 2. — 185 с.
2. Зенкевич, С. Л. Основы управления манипуляционными роботами/С. Л. Зенкевич, А. С. Ющенко. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. — 479 с.
3. Хорн, Б. К. Зрение роботов. — М.: Мир, 1989.
4. Разработка концепции адаптивного отслеживания шва в реальном времени для роботизированной сварки. Поезжаева Е. В., Сергеев А. А., Мисюров М. Н. Молодой ученый. 2015. № 16 с. 214–218.
5. Герасун, В. М. Исследование оптимальных конфигураций манипулятора — трипода с поворотным основанием/В. М. Герасун, В. В. Жога, И. А. Несмиянов, Н. С. Воробьева, В. В. Дяшкин-Титов // Мехатроника, автоматизация, управление, 2013. — № 6. — с. 21–16.
6. Довбня, Н. М. Роботизированные технологические комплексы в ГПС/Н. М. Довбня, А. Н. Кондратьев, Е. И. Юревич. М., 2000.
- 7.

Гибридное (по силе и положению) управление манипуляционными роботами с учетом их динамики

Мисюров Михаил Николаевич, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Во многих подлежащих роботизации производственных операциях требуется наряду с выполнением заданного перемещения рабочего органа манипуляционного робота ещё оказывать на обрабатываемый объект заданное силовое воздействие. Существует метод гибридного (по положению и силе) управления манипуляционными роботами, позволяющий одновременно выполнять позиционные задания в одних направлениях и силовые в других. Одним из недостатков этого метода является то обстоятельство, что синтез управления строится на основе только кинематических характеристик манипулятора без учета его динамики. Ниже прилагается метод гибридного управления, основанный на использовании динами-

ческих характеристик манипулятора и ограничений на движение рабочего органа [1].

Ограничения на движение рабочего органа могут быть представлены множеством гиперповерхностей в пространстве положений рабочего органа (в дальнейшем под «положением» будет пониматься одновременно и положение и ориентация). Положение рабочего органа представляется в неподвижной декартовой системе координат (эталонной системе) шестимерным вектором $r \in R^6$ [2]. Предполагается, что ограничения на перемещения рабочего органа заданы набором m гиперповерхностей:

$$p_i(r) = 0, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (1)$$

Взаимно независимых в S подмножестве R^6 . Предполагается, что $m \leq 6$ и $p_i(r)$ — дважды дифференцируемы по г. Дифференцируя (1) по времени, можно получить:

$$E_F r = 0 \tag{2}$$

где

$$E_F = [e_{7-m}, e_{6-m}, e_6]^T \tag{3}$$

$$e_{6-m+i} = \frac{dp_i(r)}{dr} / \left\| \frac{dp_i(r)}{dr} \right\| \tag{4}$$

Вектор e_{6-m+i} — единичный вектор, нормальный к поверхности $p_i(r) = 0$. В связи с предположением о независимости гиперповерхностей ранг E_F равен m. Из (2) можно получить:

$$E_F r + a_{rF} = 0 \tag{5}$$

$$a_{rF} = E_F r \tag{6}$$

Выбирается система векторов $\{e_1, \dots, e_{6-m}\}$, таких, что векторы $e_i, i=1, 2, \dots, 6-m$ имеют единичную длину, являются дифференцируемыми функциями г, взаимно независимы и независимы от $\{e_{7-m}, \dots, e_6\}$. Тогда координатная система с началом в текущем положении органа г с базисом $\{e_1, \dots, e_{6-m}\}$ называется координатной системой ограничений (эта система не обязательно ортогональна). Матрица E_F представляет координатные оси, нормальные к поверхности ограничения; E_p представляет координатные оси, дополнительные к E_F , и E является матрицей вращения из неподвижной декартовой системы координат в координатную систему ограничений. На рис. 1 в качестве примера схематически показан манипулятор с двумя степенями подвижности [3–4].

Где: 1 — поверхность ограничения; E_F^T определяет нормальный вектор, а E_p^T — тангенциальный, по направлениям которых могут быть указаны искусственные ограничения соответственно на положение и силу.

Скорость \dot{r} и ускорение \ddot{r} в координатной системе ограничений определяются выражениями:

$$\dot{r} = \begin{bmatrix} E_p \dot{r} \\ 0 \end{bmatrix} \tag{7}$$

$$\ddot{r} = \begin{bmatrix} E_p \ddot{r} \\ -a_{rF} \end{bmatrix} \tag{8}$$

В уравнениях (7 и 8) используется тот факт, что нормальная компонента скорости движения рабочего органа равна нулю, а нормальная компонента ускорения определяется только скоростью \dot{r} .

Скорость движения рабочего органа \dot{r} может быть также выражена через шестимерный вектор v, представляющий линейные и угловые скорости в эталонной системе координат [5]. Взаимосвязь \dot{r} и v определяется соотношением:

$$v = T \dot{r} \tag{9}$$

где T — матрица преобразования, является функцией г; предполагается что T на множестве S не выражена. Представление ограничений $p_i(r)$ может быть неединственным. Тогда функция $p_i(r)$ можно выбрать таким образом, чтобы упростить дальнейшие вычисления. В частности, желательно, чтобы $\{e_i\}$ были взаимно ортогональны.

Рассматриваются два типа ограничивающих гиперповерхностей: двухсторонние и односторонние. Односторонние поверхности запрещают движение в одном направлении по отношению к поверхности, в то время как движение в другом направлении разрешено. Двухсторонние поверхности запрещают покидать поверхность в любом направлении. В дальнейшем рассматриваются исключительно задания, в которых рабочий орган нахо-

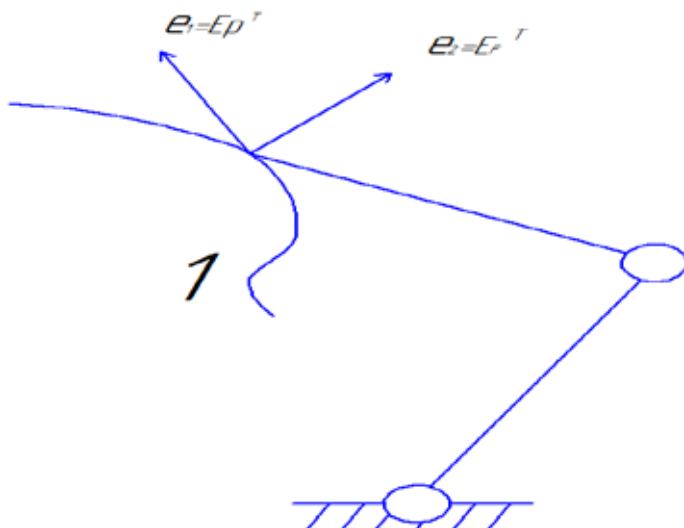


Рис. 1. Манипулятор с двумя степенями подвижности

дится в контакте с поверхностью и прикладывает к ней заданную силу и в связи с этим оба варианта поверхностей не различаются [6].

Теперь рассмотрим манипулятор с n степенями подвижности, перемещения в сочленениях $q \in R^n$ ($n \geq 6$). Предполагается, что векторы r и q связаны соотношением:

$$r = c(q) \quad (10)$$

Тогда:

$$\dot{r} = J \dot{q}, \quad J = dc(q) / dq^T \quad (11)$$

$$\dot{r} = J \dot{q} + a_q, \quad a_q = J \dot{q} \quad (12)$$

Динамика манипулятора может быть представлена уравнением:

$$M(q)\ddot{q} + h(q, \dot{q}) + V\dot{q} + g(q) = \tau \quad (13)$$

где $M(q)$ — неособенная матрица инерции; $h(q, \dot{q}) \in R^n$ представляет центробежные и кориолисовы силы; V — матрица вязкого трения; $g(q) \in R^n$ представляет действие силы тяжести; τ — вектор силы (момента),

развиваемый приводами степеней подвижности. Для того чтобы найти в степенях подвижности и возникающую в результате взаимодействия рабочего органа с ограничивающей поверхностью силу, нужно задать входное воздействие τ_c на манипулятор в состоянии (q, \dot{q}) и вид ограничений (1). Из (2 и 9) можно получить

$$E_F T^{-1} v = 0 \quad (14)$$

Шестимерный вектор обобщенной силы, соответствующий обобщенной скорости v задан компонентами силы, действующей вдоль осей эталонной координатной системы, и компонентами момента относительно этих осей. Для упрощения анализа трение между ограничивающей поверхностью и рабочим органом отсутствует. Тогда в соответствии с принципом виртуальной работы сила $f \in R^6$, развиваемая на поверхности рабочим органом, удовлетворяет соотношению:

$$v^T f = 0 \quad (15)$$

Литература:

1. Поезжаева, Е. В. промышленные роботы: учеб. пособие: в 3 ч./Е. В. Поезжаева. — Пермь: Изд-во Перм. гос. тех. ун-та, 2009. — Ч. 2. — 185 с.
2. Зенкевич, С.Л. Основы управления манипуляционными роботами/С.Л. Зенкевич, А.С. Ющенко. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. — 479 с.
3. Корендясев, А. И, Саламандра Б. Л, Тывес Л. И. Манипуляционные системы роботов. М.: Машиностроение, 1989. 472 с.
4. Разработка концепции адаптивного отслеживания шва в реальном времени для роботизированной сварки. Поезжаева Е. В., Сергеев А. А., Мисюров М. Н. Молодой ученый. 2015. № 16 с. 214–218.
5. Герасун, В.М. Исследование оптимальных конфигураций манипулятора — трипода с поворотным основанием/В.М. Герасун, В. В. Жога, И. А. Несмиянов, Н. С. Воробьева, В. В. Дяшкин-Титов // Мехатроника, автоматизация, управление, 2013. — № 6. — с. 21–16.
6. Довбня, Н.М. Роботизированные технологические комплексы в ГПС/Н.М. Довбня, А. Н Кондратьев, Е. И. Юревич. М., 2000.

Силовое управление роботами и его применение для удаления заусенцев промышленных деталей

Мисюров Михаил Николаевич, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Обычно после механической и литейной обработки на детали остаются приподнятые края или заусенцы. Они должны быть удалены на завершающем этапе изготовления детали с помощью напильников, шлифовальных кругов, проволочных щеток или других шлифовальных инструментов. Эти процессы нуждаются в роботизации, так как для их выполнения требуются интенсивные затраты труда. Основное внимание в данной работе уделяется применению силового управления для роботизированного удаления заусенцев механически обработанных и литых деталей.

Ключевые слова: силовое управление, контур управления, положение и сила схвата.

Управление большинством существующих роботов производится с помощью обратной связи по положению без учета сил контакта между схватом робота и объектом манипулирования. Однако, чтобы

успешно осуществлять такие промышленные операции, как сборка или шлифование, необходимо управлять силами взаимодействия инструмента с промышленной деталью.

Традиционные роботы, воспроизводящие одно и то же движение, не могут быть использованы для выравнивания поверхностей по трем причинам. Во-первых, из-за изнашивания точильного инструмента робот не способен поддерживать постоянную силу давления на деталь. Во-вторых, размеры и локализация зазубрин и неровностей на поверхности детали непредсказуемы. В-третьих, форма детали может быть очень сложной, что затрудняет программирование движения робота [1].

В настоящее время существуют следующие типы силовых систем управления:

Гибридное позиционно-силовое управление предполагает наличие ограничений на положение охвата и развиваемую им силу. Ограничения на положение схвата возникают в направлении нормали к поверхности объекта манипулирования. Ограничение на величину силы имеется в направлении касательной к поверхности объекта. Таким образом, движение схвата, находящегося в контакте с объектами, определяется двумя ортогональными друг другу множествами ограничений. Разделение направлений движения на ограниченные по направлению и ограниченные по силе производится с помощью матрицы податливости. Такая система управления была реализована для двух степеней подвижности манипулятора и использовалась при контакте его схвата с горизонтальной поверхностью стола. Для применения гибридного позиционно-силового управления требуется описывать объект в терминах позиционных и силовых ограничений, что трудно сделать, если объект имеет сложную форму.

Управление по импедансу также представляет собой управление по положению и силе схвата. Этот подход основан на предположении, что манипулятор можно рассматривать как систему масса — пружина — демпфер. При этом система управления способна регулировать основные параметры системы, т.е. инерцию, жесткость и демпфирование». Такая система управления не была реализована ни в одном эксперименте в полной форме, т.е. так, чтобы инерция, жесткость и демпфирование одновременно подвергались управлению. Существуют только системы управления по импедансу, в которых регулируется жесткость или демпфирование.

Метод управления моментами в степенях подвижности состоит в изменении моментов в каждом сочленении манипулятора таким образом, чтобы силы воздействия схвата на объект имели бы заданную величину и направление. Поправки к текущим значениям моментов оцениваются либо численно на ЭВМ, либо на основе сигналов обратной связи. Метод был применен для двух степеней манипулятора. При этом для каждой степени подвижности была организована обратная связь по положению и моменту. Система использовалась не для управления силой, прикладываемой схватом к объекту, а для уменьшения эффекта, производимого моментами сил трения при сборке деталей.

Следующий подход основан на запоминании, хранении и реализации закона изменения сил. Примером может служить робототехническая система, в которой

используются два датчика. Один установлен на поверхности предмета, которым манипулирует оператор, второй расположен в месте укрепления схвата на манипуляторе и используется для измерения силы между схватом и объектом. Управляющие команды для робота генерируются на основе разностей между измерениями обоих датчиков. Такая система, включающая в себя манипулятор с пятью степенями подвижности, была применена для выравнивания поверхности отливок из железа [2–3].

Пять степеней подвижности робота можно разделить на резонансные и нерезонансные. К первым относятся вращающееся основание, плечо и предплечье. Каждая из этих степеней подвижности характеризуется тем, что между ее нагрузкой и соответствующими приводами существует значительное динамическое взаимовлияние, обусловленное наличием деформируемых волновых редукторов. Для нерезонансных степеней подвижности, т.е. наклона и поворота схвата, такого взаимовлияния практически нет. Законы управления, описанные ниже, различаются для резонансных и нерезонансных степеней подвижности.

Контур управления, который используется для одной нерезонансной степени подвижности, описывается на примере поворота схвата. Этот контур представлен на рис. 1.

Где обозначено: 1 — блок управления силой; 2 — регулятор скорости; 3 — динамика нагрузки; 4 — датчик сил; 5 — блок организации движения данной степени подвижности; 6 — блок задания траектории.

Блок задания траектории содержит алгоритмы интерполяции пути и преобразования координат. С интервалом времени t_0 этот блок порождает команду θ_c , задающую положение степени подвижности. Входной величиной блока организации движения степени подвижности является величина ошибки θ_e , которая представляет собой разность между положением двигателя θ_m и заданным положением θ_c . Выходной величиной является скорость Ω_c , задаваемая с интервалом t_1 . Блок регулирования скорости содержит ПИ-регулятор $G_v(s)$ и элемент, преобразующий данную величину тока I_c в скорость двигателя Ω_m . Регулятор $G_v(s)$ минимизирует ошибку по скорости Ω_e , которая вычисляется как разность заданной скорости Ω_c и скорости двигателя Ω_m . Динамика тахометра представлена на рис. 1 элементов $H(s)$. Блок динамики нагрузки характеризует преобразование положения двигателя θ_m в положение охвата θ_1 . Перечисленные блоки образуют контур управления по положению. Этот контур замыкается блоком управления силой и датчиком сил. Блок управления силой должен обеспечивать поддержание заданной силы F_t давления схвата, находящегося в положении θ_c на поверхность детали в точке θ_r . Входной характеристикой для этого блока является сила F_s , измеряемая датчиком сил как разность между θ_1 и θ_r , умноженная на коэффициент жесткости K_s .

Многие элементы контура, изображенного на рис. 1, являются нелинейными. Причины нелинейностей — это, например, зоны нечувствительности тахометра, ограничен-

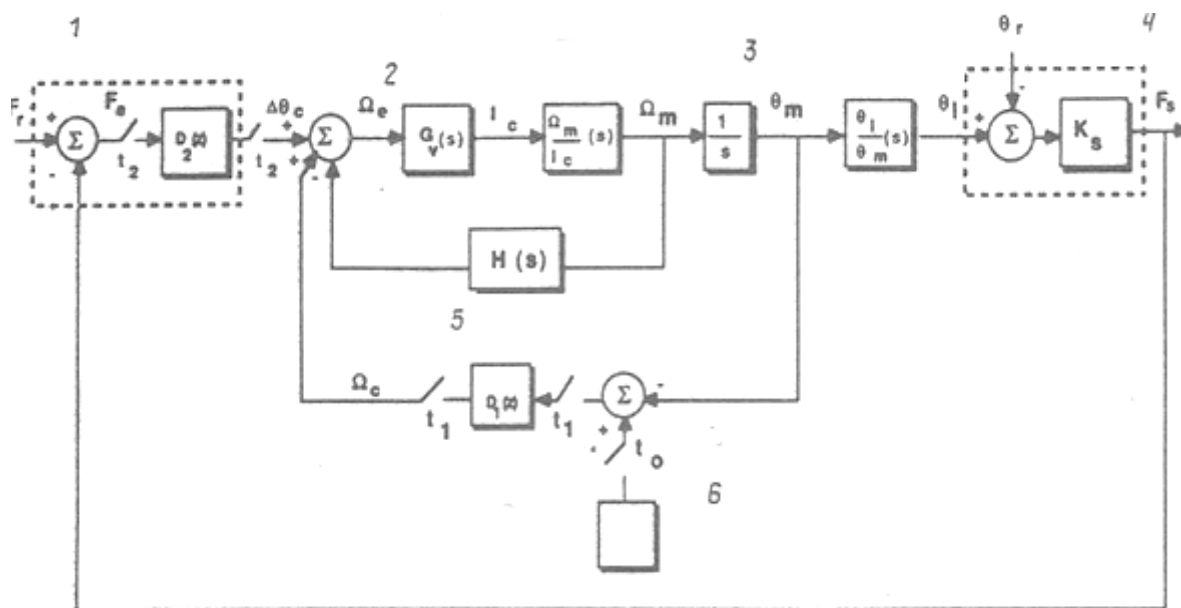


Рис. 1. Контур управления поворота схвата

ность момента, развиваемого двигателем и т.д.. Однако разработка управления проводилась в предположении, что элементы рассмотренного контура являются линейными, а затем в процессе экспериментов было изучено влияние нелинейностей на качество построенного управления [4].

При повороте схвата имеет место прямо пропорциональная зависимость положения схвата θ_1 от положения двигателя θ_m . Передаточная функция между этими характеристиками определяется коэффициентом зубчатой передачи n .

$$\frac{\theta_1(s)}{\theta_m(s)} = \frac{1}{n}$$

Управление роботом по силе строится как набор независимых силовых контуров для некоторых степеней подвижности, причем характеристики этих контуров выби-

раются в предположении, что в их состав входят только линейные элементы.

Качество работы систем управления силами взаимодействия схвата с объектом было проверено в натуральных экспериментах:

1. В первой серии экспериментов исследовалась способность системы поддерживать заданную силу в направлении нормали к траектории движения, которая пролегла по краю детали.

2. Во второй серии экспериментов осуществлялась зачистка поверхности детали. При этом была воспроизведена ситуация, которая возникает на практике при обработке промышленных деталей. Схема эксперимента приведена на рис. 2.

Где обозначено: 1 — нормальная сила; 2 — инструмент из абразивного материала; 3 — деталь из супер сплава;

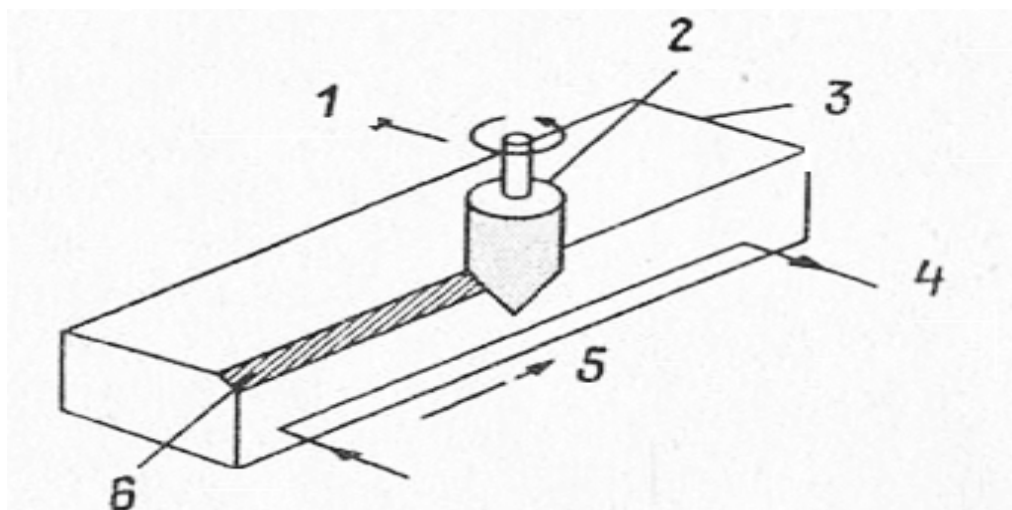


Рис. 2. Обработка промышленных деталей

4 — траектория инструмента; 5 — касательная скорость;
6 — сглаживаемый край.

Автоматизация процессов обработки деталей позволяет сократить ручной труд, увеличить производительность и улучшить качество продукции.

Литература:

1. Поезжаева, Е. В. промышленные роботы: учеб. пособие: в 3 ч./Е. В. Поезжаева. — Пермь: Изд-во Перм. гос. тех. ун-та, 2009. — Ч. 2. — 185 с.
2. Зенкевич, С. Л. Основы управления манипуляционными роботами/С. Л. Зенкевич, А. С. Ющенко. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. — 479 с.
3. Корендясев, А. И, Саламандра Б. Л, Тывес Л. И. Манипуляционные системы роботов. М.: Машиностроение, 1989. 472 с.
4. Герасун, В. М. Исследование оптимальных конфигураций манипулятора — трипода с поворотным основанием/В. М. Герасун, В. В. Жога, И. А. Несмиянов, Н. С. Воробьева, В. В. Дяшкин-Титов // Мехатроника, автоматизация, управление, 2013. — № 6. — с. 21–16.

К вопросу оценки качества функционирования дизельной энергетической установки автономных локомотивов

Михеев Владислав Александрович, кандидат технических наук, доцент;

Сопижук Александр Николаевич, преподаватель

Омский государственный университет путей сообщения

В статье рассмотрен подход к выбору оптимального множества параметров контроля качества функционирования дизельной энергетической установки. Подход основан на разработке и анализе математических моделей ее функциональных подсистем, представленных графами в пространстве параметров.

Ключевые слова: техническая диагностика подвижного состава, математическое моделирование, граф-модель.

В процессе эксплуатации дизельных локомотивов возникает задача по определению уровня качества функционирования энергетической установки с целью принятия, при необходимости, обоснованных инженерно-технических решений по его коррекции. Оценка качества функционирования дизельных энергетических установок осуществляется на основе информации о количественных значениях параметров, получаемых в процессе контроля для заданных режимов работы. Параметры при этом должны быть наиболее информативны, а количество их — минимальное.

Решение задачи выбора оптимального количества параметров контроля может быть выполнено посредством соответствующего математического представления исследуемого объекта с последующей обработкой и анализом [1–3]. В качестве математического аппарата моделирования рассмотрим аппарат, базирующийся на понятиях теории графов.

При рассмотрении вопросов математического моделирования сложных энергомеханических объектов, к которым относится дизельная энергетическая установка, с использованием аппарата теории графов большую роль играют принципы, положенные в основу их декомпозиции [1–3]. В настоящей работе дизельная энергетическая установка 1А-5Д49–2 рассматривается как сложная система локомотива 2ТЭ116 [4], которая в свою очередь делится на функционально взаимосвязанные подсистемы: на нулевом уровне декомпозиции (I) выделяется дизельная энергетическая установка; на основном уровне (II) — функциональные системы; на дополнительном уровне (III) — отдельные узлы и функциональные детали систем (рис. 1). Уровни декомпозиции соответствуют уровням контроля или диагностирования.

Реализацию предлагаемого подхода рассмотрим на примере топливной системы.

Согласно функциональной схеме топливной системы дизельной энергетической установки 1А-5Д49–2 [4] (рис. 2) топливо из бака (ТБ) через фильтр грубой очистки (ФГО) подается в систему топливоподкачивающим насосом (ТПН). Пройдя через фильтры грубой очистки топливо нагнетается к фильтру тонкой очистки (ФТО) и топливному коллектору (КТ), откуда поступает к топливным насосам дизеля (ТНВД). Топливные насосы дизеля подают топливо по трубопроводам высокого давления к форсункам (Ф).



Рис. 1. Функционально взаимосвязанные подсистемы дизельной энергетической установки 1А-5Д49-2

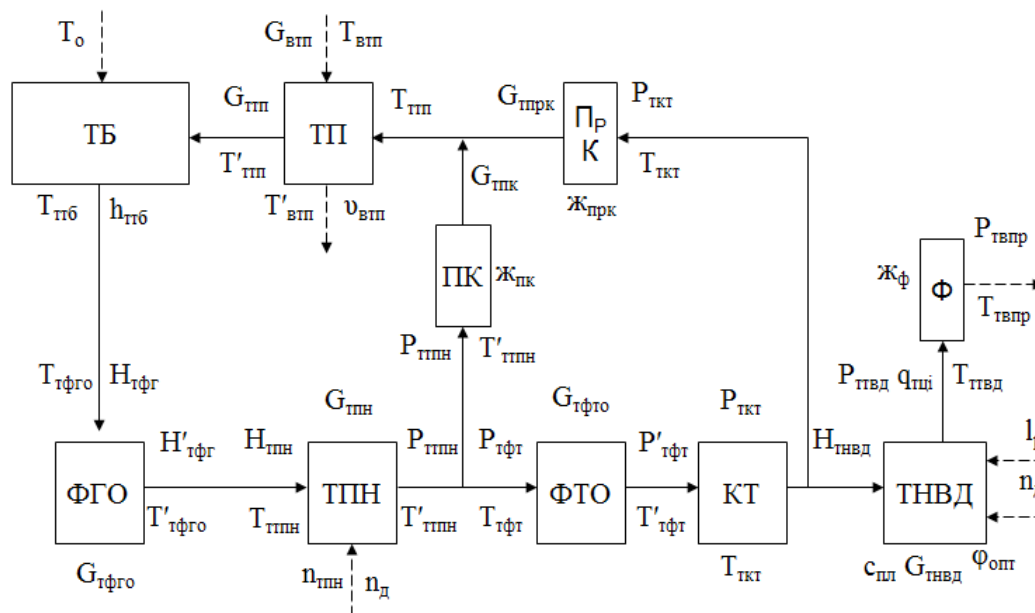


Рис. 2. Функциональная схема топливной системы дизельной энергетической установки 1А-5Д49-2

Для обеспечения давления топлива, необходимого для нормальной работы дизеля, на трубопроводах системы низкого давления установлены предохранительный (ПК) и перепускной клапаны (ПрК). В системе предусмотрен топливоподогреватель (ТП).

Созданию функциональной схемы предшествовал подготовительный этап, включающий в себя анализ сведений о структуре, составе и способе функционирования объекта исследования.

На основе функциональной схемы разработана граф-модель топливной системы в пространстве параметров (рис. 3). Для построения которой функциональные параметры топливной системы представили на модели в виде вершин графа, а причинно-следственные связи между ними, вытекающие из физики функционирования объекта, — ребрами. Ребра проводились независимо от того, известна ли связывающая вершины аналитическая (количественная) зависимость или эта связь носит только качественный характер.

Разработанная математическая модель функционирования объекта исследования $G(X, U)$ задана: множеством функциональных параметров, образующими множество вершин графа X (полученная граф-модель содержит три типа вершин: тупиковые, имеющие только заходящие ребра; ключевые — только исходящие ребра; смешанные — как исходящие, так и заходящие ребра); конечным множеством ребер U , причем $X \cap U = \emptyset$; трехместным предикатом $P(x, u, y)$, $x, y \in X$ и $u \in U$ [2].

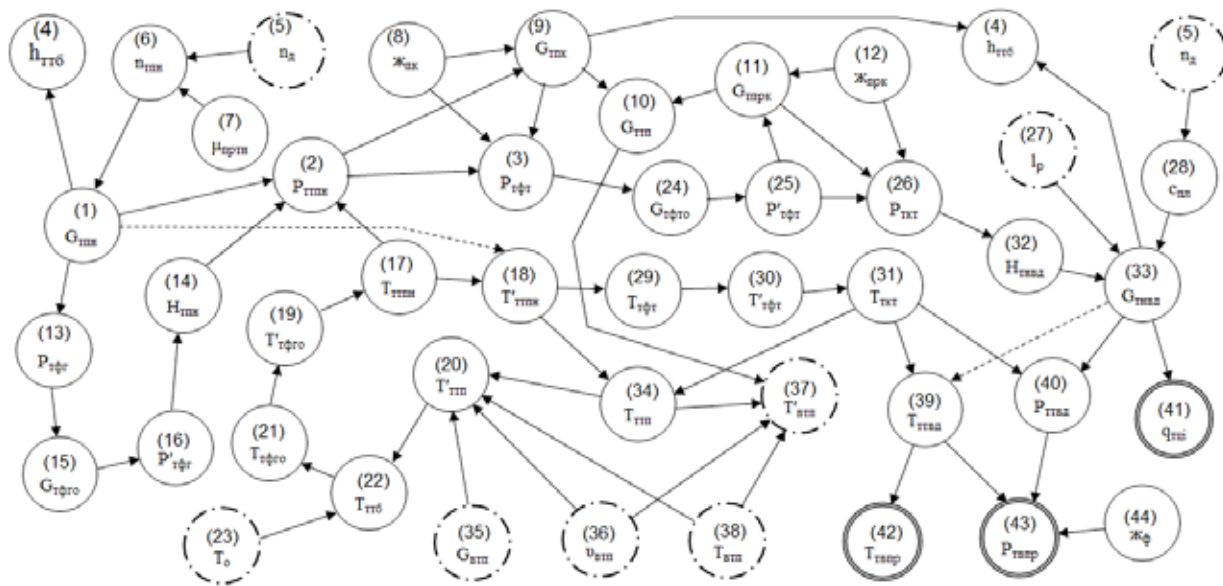


Рис. 3. Граф-модель топливной системы

Кроме графической реализации разработанной математической модели топливной системы в пространстве параметров, возможна ее интерпретация в матрицу смежности. Понятие матрицы смежности используется на различных этапах обработки граф-моделей, поскольку оно полностью определяет понятие графа [5–7].

Матрица смежности граф-модели $G(X, U)$ топливной системы (рис. 4) записывается в виде квадратной матрицы $A = [a_{ij}]$ размером $n \times n$, где n — число вершин граф-модели. Вершины граф-модели в матрице смежности располагаются в произвольном порядке. Элемент матрицы a_{ij} стоящий на пересечении i -ой строки и j -го столбца представляет собой коэффициент смежности и принимает следующие значения:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если вершина } x_i \text{ имеет ребро } u_{ij} \text{ направленное в вершину } x_j; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (1)$$

Обработка граф-модели объекта исследований в пространстве параметров позволяет минимизировать число точек контроля качества его функционирования [1–3].

Математически эта задача решается отысканием минимальных внешне устойчивых подмножеств (МВУП) — T ориентированного графа, таких, что $T \subseteq X$ и истинно высказывание [2]:

$$\forall_x [x \in X, x \notin T (\Gamma_x \cap T \neq \emptyset)] \quad (2)$$

где Γ_x — подмножество, образованное отображением вершины x в множество X ; \forall — квантор общности.

Следует отметить, что работа с невзвешенной граф-моделью усложняет выбор единственного МВУП [2, 3, 6].

Для взвешивания граф-модели $G(X, U)$ каждой из ее вершин поставили в соответствие вещественное число $\rho(x)$ — вес вершины граф-модели. В качестве $\rho(x)$ приняли число голосов, отданных за вершину с учетом веса соответствующего ей параметра [2]:

$$v_\xi = \lambda_\xi \sum_{v=1}^{\mu} \frac{1}{k_v} \quad (3)$$

где λ_ξ — вес параметра ξ -й вершины; μ — число скобок в КНФ, в которой находится ξ -я вершина; k_v — число вершин в v -й скобке КНФ, в которой находится ξ -я вершина. КНФ (конъюнктивно нормальная форма) — сложное логическое высказывание, которое для граф-модели рассматриваемой системы запишется следующим образом:

$$F_{\text{КНФ}} = (I_p \vee G_{\text{тнвд}}) \wedge \dots \wedge \dots \wedge (J_{\text{пк}} \vee G_{\text{тпк}} \vee P_{\text{тфт}}).$$

После процедуры взвешивания осуществлена оптимизация граф-модели в пространстве параметров, предусматривающая исключение ключевых вершин, так как информация о них может быть получена в тех смешанных и тупиковых вершинах, в которых они отображаются, а также тех смешанных вершин x_i со сравнительно небольшим показателем v_ξ , которые полностью заменяются более эффективными вершинами x_i [1].

4. Филонов, С. П. Тепловоз 2ТЭ116 [Текст]/С. П. Филонов и др. — М.: Транспорт, 1996. — 334 с.
5. Оре, О. Теория графов [Текст]/О. Оре. — М.: Наука, 1980. — 336 с.
6. Липатов, Е. П. Теория графов и ее применение [Текст]/Е. П. Липатов. — М.: Знание, 1986. — 32 с.
7. Емеличев, В. А. Лекции по теории графов [Текст]/В. А. Емеличев и др. — М.: Наука, 1990. — 383 с.

Выбор организационно-технологических решений при реконструкции объектов без прекращения эксплуатации

Морозова Татьяна Федоровна, кандидат технических наук, доцент;

Заяшников Роман Альбинович, магистр;

Якунина Юлия Игоревна, магистр

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

В последние годы реконструкция зданий и сооружений стала одним из основных направлений в области капитального строительства. Это обусловлено физическим и моральным износом основных фондов строительной индустрии страны более чем наполовину. Наиболее актуальной стала задача осуществления реконструкции объектов без прекращения эксплуатации, чтобы избежать материальных потерь, связанных с остановкой производства на промышленных объектах, а также временной арендой и переездом для общественных зданий.

В связи с этим, целесообразна научная деятельность в проведении анализа методов выбора организационно-технологических решений при реконструкции жилых, общественных и промышленных объектов и сравнение реконструкции без прекращения эксплуатации и с остановкой эксплуатации. Обобщение опыта организации реконструкции показали, что наряду со значительными достижениями в теории и практике календарного планирования в реконструкции объектов без прекращения эксплуатации некоторые его проблемы изучены недостаточно.

Основными организационно-технологическими документами при строительстве жилищно-гражданских, реконструкции объектов являются проект организации строительства и проект производства работ. Эти документы разрабатываются на основании постановления Правительства Российской Федерации от 16.02.2008 № 87, СНиП12–01–2004 «Организация строительства», МДС12–81.2007 «Методические рекомендации по разработке и оформлению проекта организации строительства и проекта производства работ», МДС12–46.2008 «Методические рекомендации по разработке и оформлению проекта организации строительства, проекта организации работ по сносу (демонтажу), проекта производства работ». Локальные ППР, разрабатываемые на базе нормативных документов должны учитывать основные требования техники безопасности: обеспечить пути эвакуации персонала из здания, защиту их от пыли, и строительного мусора, шума и повышенные меры пожарной безопасности [1–3].

Особенности ППР при реконструкции можно определить так:

— режим работы и собственный функциональный процесс объекта определяют ход реконструкции, поэтому при разработке всех локальных ППР, они должны быть согласованы со всеми заинтересованными службами эксплуатации заказчика;

— стесненные условия ведения работ, необходимость разработки специальных методов их производства с учётом конкретных ситуаций, поэтому технологические карты строительных процессов должны быть увязаны с основными функциональными процессами в здании;

— сжатые сроки исполнения;

— повышенная опасность производства работ, особые требования к охране труда;

— возможность оперативной корректировки при производстве работ;

— рациональное использование ресурсов.

Параллельное проектирование в отличие от классического — последовательного подхода обеспечивает следующие принципиально новые возможности:

— гибкий творческий подход;

— предполагает необходимость расширения состава, учитываемых факторов;

— поддержку контролируемых изменений (интерактивность);

— внешнюю и внутреннюю кооперацию;

— деловую интеграцию с заказчиком, субподрядчиками и поставщиками;

— динамичное управление производственными мощностями;

— повышение ответственности обследователей и проектировщиков через максимальное приближение процесса проектирования к реальному строительству.

В настоящее время параллельное проектирование как метод с успехом развивается ведущими американскими и западноевропейскими фирмами (concurrent engineering) при проектировании и производстве новых образцов техники в авиа- и судостроении. В частности, в США исследовательские проекты в рамках этой технологии разрабатываются по заказу Управления перспективных военных проектов Пентагона (DARPA), известного в качестве ко-

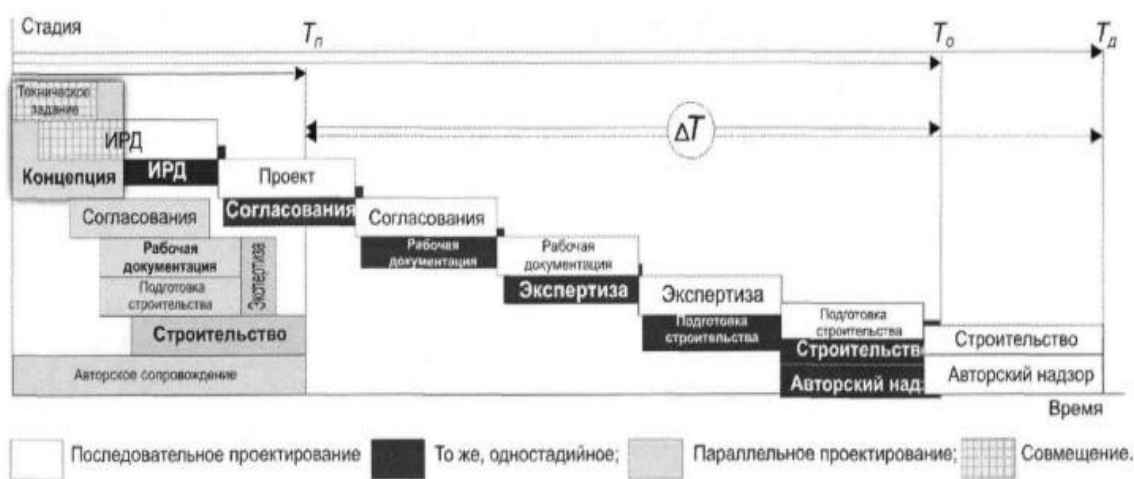


Рис. 1. Организация проектирования и строительства в зависимости от используемой методики проектирования

ординатора разработок наиболее перспективных и экономичных технологий. В России попытки ввести новые, подходы в ускоренное проектирование промышленных зданий предприняты С.М. Кузнецовым и Н.А. Сироткиным [4,5]. Ими заостряется внимание на приоритете интересов заказчика и определённых им целей перед сложившейся традицией проектирования.

Система параллельного проектирования позволяет, в отличие от традиционных подходов, максимально сократить весь цикл реконструкции за счёт совмещения стадий проектирования, согласований и строительства.

Любые проектные работы можно разделить на три общих составляющих: спецификация требований (начальное состояние), информационная модель (цель, конечное состояние) и средства, обеспечивающие достижение цели. Чем чётче задана цель, тем меньше риск того, что она не будет достигнута [6,7]. Параллельное проектирование — методика максимального приближения к цели, допускающая пересмотр и изменение сценария достижения цели в процессе его реализации. Для строительства — это принципиально новый, интегрированный подход. В основе этого подхода лежит идея совмещённого проектирования, строительства и эксплуатации здания (комплекса зданий). В данном исследовании рассматривается пример параллельного проектирования на примере комплекса Константиновского военного училища.

Корпус расположен на территории выявленного объекта культурного наследия «Комплекс зданий Императорского военно-сиротского дома (Константиновского военного училища)» в Адмиралтейском районе Санкт-Петербурга.

Здание учебного корпуса литеры И, расположенного внутри комплекса, — четырехэтажное, кирпичное, прямоугольное в плане, вытянутое с севера на юг. Габаритные размеры — 73,2x13,7 м. Высота здания до отметки конька крыши составляет 18,6 м. Проектные решения по реконструкции предусматривают сохранение существующего положения, территориальной целостности и архитектурного облика здания, сохранение существующих габаритов по наружному контуру и общей высоты здания.

Основную площадь здания занимают учебные классы, которые расположены на 2, 3, 4 этажах. Наполняемость классов — 20 человек, классов иностранного языка — 10 человек. Ориентация классов — на восток, предусмотрено боковое левостороннее освещение помещений. На этажах также размещены помещения преподавательских, лаборантские, рекреации предусмотрены согласно нормативных значений.

На данном объекте производится оценка продолжительности работ в заданные периоды времени без остановки эксплуатации и с остановкой. Оценка выполняется в системе Program (Project) Evaluation and Review Technique (сокращенно PERT) — техника оценки и анализа программ (проектов), которая используется при управлении проектами. PERT — это способ анализа задач, необходимых для выполнения проекта. В особенности, анализа времени, которое требуется для выполнения каждой отдельной задачи, а также определение минимального необходимого времени для выполнения всего проекта.

Расчет вероятности свершения событий к заданному сроку, как завершающих, так и любого промежуточного,

Таблица 1. Техничко-экономические показатели

Площадь застройки	1047,53 м ²
Общая площадь здания	4421,27 м ²
Полезная площадь здания	3030,98 м ²
Строительный объем	17924,26 м ³



Рис. 2. Кадетский ракетно-артиллерийский комплекс

производится путем вычисления значений нормального распределения вероятностей.

Результат сравнения по методу PERT 2-х примеров реконструкции показал, что с учетом заданных сроков вероятность выполнения проекта реконструкции без прекращения эксплуатации в срок больше, чем при реконструкции с остановкой эксплуатации ($Z1 < Z2$) (50,8% < 53,59%)

На основе полученных данных производится статистическое моделирование для планирования реконструкции объектов с учетом заданных сроков.

Применяется метод статистического определения и распределения (между участниками строительства) ущерба от несвоевременного окончания строительства по критериям увеличения стоимости виртуальных затрат на строительство объекта.

Таблица 2. Результат выполнения анализа по методике PERT (с остановкой эксплуатации)

	Название задачи	T ожид	T наиб вероят	Пессимистическая длительность	Оптимистическая длительность
1	☐ Реконструкция с остановкой	102,83 дней	103,33 дней	119 дней	100 дней
2	☐ Демонтажные работы	52,33 дней	52,33 дней	62 дней	50,33 дней
3	1	15 дней	15 дней	18 дней	12 дней
4	2	12,17 дней	12 дней	15 дней	10 дней
5	3	11,17 дней	11 дней	14 дней	9 дней
6	4	13 дней	13 дней	15 дней	11 дней
7	☐ Усиление конструкций	51 дней	51,17 дней	59 дней	49,17 дней
8	1	12,33 дней	12 дней	16 дней	10 дней
9	2	11 дней	11 дней	13 дней	9 дней
10	3	13 дней	13 дней	15 дней	11 дней
11	4	13,83 дней	14 дней	15 дней	12 дней
12	☐ Инженерные сети	57 дней	57,17 дней	66 дней	54,17 дней
13	1	13,17 дней	13 дней	16 дней	11 дней
14	2	13,17 дней	13 дней	16 дней	11 дней
15	3	14 дней	14 дней	16 дней	12 дней
16	4	15,83 дней	16 дней	18 дней	13 дней
17	☐ Наружные и внутренние отделочные работы	62 дней	62,5 дней	69 дней	59,17 дней
18	1	16,17 дней	16 дней	19 дней	14 дней
19	2	15,33 дней	16 дней	16 дней	12 дней
20	3	12,83 дней	13 дней	15 дней	10 дней
21	4	16,83 дней	17 дней	19 дней	14 дней

Таблица 3. Результат выполнения анализа по методике PERT (без остановки эксплуатации)

	Название задачи	Т ожид	Т наиб вер	Оптимистическая длительность	Пессимистическая длительность
1	Реконструкция без прекращения эксплуатации	150 дней	150,83 дней	119 дней	186 дней
2	Демонтажные работы	25 дней	25 дней	19 дней	31 дней
3	4 этаж	13 дней	13 дней	10 дней	16 дней
4	3 этаж	12 дней	12 дней	9 дней	15 дней
5	Усиление конструкций	30 дней	30 дней	22 дней	38 дней
6	4 этаж	15 дней	15 дней	11 дней	19 дней
7	3 этаж	15 дней	15 дней	11 дней	19 дней
8	Инженерные сети	27 дней	27 дней	19 дней	35 дней
9	4 этаж	14 дней	13,83 дней	9 дней	18 дней
10	3 этаж	12 дней	12 дней	8 дней	16 дней
11	Наружные и внутренние отделочные работы	30 дней	30,17 дней	25 дней	36 дней
12	4 этаж	16 дней	16,17 дней	13 дней	20 дней
13	3 этаж	14 дней	14 дней	12 дней	16 дней
14	Демонтажные работы	29 дней	28,67 дней	23 дней	33 дней
15	2 этаж	16 дней	15,67 дней	12 дней	18 дней
16	1 этаж	13 дней	13 дней	11 дней	15 дней
17	Усиление конструкций	26 дней	26,67 дней	21 дней	35 дней
18	2 этаж	14 дней	14,33 дней	11 дней	19 дней
19	1 этаж	12 дней	12,33 дней	10 дней	16 дней
20	Инженерные сети	27 дней	27,67 дней	23 дней	35 дней
21	2 этаж	14 дней	14,33 дней	12 дней	18 дней
22	1 этаж	13 дней	13,33 дней	11 дней	17 дней
23	Наружные и внутренние отделочные работы	34 дней	34,5 дней	29 дней	42 дней
24	2 этаж	16 дней	16,33 дней	14 дней	20 дней
25	1 этаж	18 дней	18,17 дней	15 дней	22 дней

В результате проведения статистического эксперимента на основе календарного планирования всесторонне исследуется экспоненциальный генератор случайных продолжительностей, включающий в качестве основного па-

раметра стохастическое изменение среднего индекса несвоевременного выполнения работ и, разработана методика с применением программы MS Project для его определения.

Таблица 4. Влияние задержки строительства на затраты (без остановки эксплуатации)

Название задачи	Статистическая продолжительность	Плановая длительность	Плановый денежный поток	Генератор	Плановая прибыль	Фактическая прибыль	Ущерб	Начало	Окончание	Затраты	Предоставлено	
1	Реконструкция без прекращения	100,64 дней	155 дней	р.95 580 000,00	155 дней	90360794,43	52464424,34	-2103629,5	Пн 11.12.06	Пн 30.04.07	р.96 580 000,00	
2	Демонтажные работы	29 дней	29 дней	р.7 237 500,00	29 дней	7161776,64	7161776,64	0	Пн 11.12.06	Чт 18.01.07	р.7 237 500,00	
3	4 этаж	11,94 дней	13 дней	р.6 581 250,00	5,34 дней	-6547874,09	-6548949,13	2074,04	Пн 11.12.06	Вт 26.12.06	р.6 581 250,00	3
4	3 этаж	1,42 дней	12 дней	р.6 581 250,00	6,27 дней	-6549007,45	-6677644,37	2776,92	Вт 26.12.06	Чт 28.12.06	р.6 581 250,00	3
5	Оплата	5 дней	5 дней	р.20 400 000,00	5 дней	20399660,77	20399660,77	0	Пт 12.01.07	Чт 18.01.07	р.20 400 000,00	
6	Усиление конструкций	17,65 дней	36 дней	р.12 062 500,00	36 дней	11878937,85	11872391,87	-64394,01	Вт 26.12.06	Пн 19.01.07	р.12 062 500,00	
7	4 этаж	1,73 дней	15 дней	р.10 968 750,00	11,71 дней	-10899579,25	-10862247,88	6268,82	Вт 26.12.06	Чт 28.12.06	р.10 968 750,00	3
8	3 этаж	9,92 дней	15 дней	р.10 968 750,00	3,31 дней	-10899579,25	-10821264,35	2166,1	Чт 28.12.06	Чт 11.01.07	р.10 968 750,00	4,7
9	Оплата	6 дней	6 дней	р.34 000 000,00	6 дней	33822233,82	33815661,64	6582,17	Чт 11.01.07	Пт 19.01.07	р.34 000 000,00	8
10	Инженерные сети	24,25 дней	32 дней	р.14 495 000,00	32 дней	14301937,44	14342415,16	-40217,74	Чт 28.12.06	Ср 31.01.07	р.14 495 000,00	
11	4 этаж	0,25 дней	14 дней	р.13 152 500,00	1,32 дней	-13073615,56	-13152199,89	78544,14	Чт 28.12.06	Чт 28.12.06	р.13 152 500,00	7
12	3 этаж	9,33 дней	12 дней	р.13 152 500,00	11,42 дней	-13089862,63	-13099071,63	9008,6	Чт 11.01.07	Ср 24.01.07	р.13 152 500,00	11,8
13	Оплата	5 дней	5 дней	р.40 800 000,00	5 дней	40744615,24	40711430,48	33184,76	Ср 24.01.07	Ср 31.01.07	р.40 800 000,00	12
14	Наружные и внутренние отде	25,71 дней	35 дней	р.14 495 000,00	35 дней	14278912,96	14345123,7	-53299,74	Чт 28.12.06	Пт 12.02.07	р.14 495 000,00	
15	4 этаж	18,39 дней	16 дней	р.13 152 500,00	10,01 дней	-13065499,64	-13043692,8	-2188,83	Чт 28.12.06	Ср 24.01.07	р.13 152 500,00	11
16	3 этаж	1,71 дней	14 дней	р.13 152 500,00	10,58 дней	-13073615,56	-13144729,63	71114,07	Ср 24.01.07	Пт 26.01.07	р.13 152 500,00	12,15
17	Оплата	5 дней	5 дней	р.40 800 000,00	5 дней	40719321,64	40711430,48	7981,06	Пт 26.01.07	Пт 02.02.07	р.40 800 000,00	16
18	Демонтажные работы	16,47 дней	34 дней	р.7 237 500,00	34 дней	7191919,57	7197596,42	-5747,06	Пт 26.01.07	Чт 22.02.07	р.7 237 500,00	
19	2 этаж	9,82 дней	16 дней	р.6 581 250,00	9,08 дней	-6537719,74	-6552911,2	15194,46	Пт 26.01.07	Пт 09.02.07	р.6 581 250,00	16
20	1 этаж	3,65 дней	13 дней	р.6 581 250,00	5 дней	-6543809,26	-6693298,92	25429,66	Пт 09.02.07	Чт 15.02.07	р.6 581 250,00	19
21	Оплата	5 дней	5 дней	р.20 400 000,00	5 дней	20399660,77	2035710,24	3880,53	Чт 15.02.07	Чт 22.02.07	р.20 400 000,00	20
22	Усиление конструкций	31,37 дней	32 дней	р.12 062 500,00	32 дней	11901137,46	11894524,95	6612,53	Пт 09.02.07	Пт 26.03.07	р.12 062 500,00	
23	2 этаж	15,78 дней	14 дней	р.10 968 750,00	2,06 дней	-10802962,89	-1087565,31	-15387,67	Пт 09.02.07	Пт 05.03.07	р.10 968 750,00	19
24	1 этаж	9,59 дней	12 дней	р.10 968 750,00	4,58 дней	-10916512,42	-10830542,51	14000,09	Пт 05.03.07	Пт 16.03.07	р.10 968 750,00	20,23
25	Оплата	6 дней	6 дней	р.34 000 000,00	6 дней	3384587,27	3384587,27	27636,95	Пт 16.03.07	Пт 26.03.07	р.34 000 000,00	24
26	Инженерные сети	26,21 дней	32 дней	р.14 495 000,00	32 дней	14301937,44	14324672,86	-23575,42	Пт 05.03.07	Чт 12.04.07	р.14 495 000,00	
27	2 этаж	3,65 дней	14 дней	р.13 152 500,00	1,7 дней	-13073615,56	-13139200,63	65585,07	Пт 05.03.07	Чт 08.03.07	р.13 152 500,00	23
28	1 этаж	13,62 дней	13 дней	р.13 152 500,00	1,11 дней	-13085798,89	-13071781,88	-14096,92	Пт 16.03.07	Чт 05.04.07	р.13 152 500,00	24,27

Таблица 5. Расчет для определения продолжительности реконструкции

$(x_i - M(x))^2 k_i$	$x_i \cdot k_i$	k_i	x_i
1191,58	234,53	3	76,29; 81,57
1149,87	688,94	8	82,74; 88,02
468,32	912,63	10	88,5; 93,78
26,14	479,1	5	93,87; 98,75
51,18	904,42	9	99,07 104,35
483,98	744,95	7	104,79; 110,07
587,74	336,31	3	110,32, 115,6
1077,72	351,18	3	115,63; 120,91
1627,19	253,26	2	124,14 129,42
0	0	0	129,42; 133,9

Исходя, из полученных данных определяется математическое ожидание $M(x)$, дисперсия $D(x)$, среднеквадратичное отклонение $\delta(D)$.

$$\bar{X} = M(x) = \frac{1}{50} \sum X_i K_i = 4905,32/50 = 98,1;$$

Дисперсия случайной величины математического ожидания квадрата отклонения случайной величины X от своего среднего значения.

$$D(x) = \frac{1}{n} \sum (X_i - \bar{X})^2 K_i = 6663,7/50 = 133,27;$$

$$\delta(D) = \sqrt{133,27} = 11,5$$

K_i — число попаданий в интервал, (сумма всех $K_i = 50$); n — число всех измерений

Исходя, из полученных данных определяется математическое ожидание $M(x)$, дисперсия $D(x)$, среднеквадратичное отклонение $\delta(D)$.

$$\bar{X} = M(x) = \frac{1}{50} \sum X_i K_i = 11117,4/50 = 222,347023;$$

$$D(x) = \frac{1}{n} \sum (X_i - \bar{X})^2 K_i = 10412,4/50 = 2148,248819;$$

$$\delta(D) = \sqrt{2148,248819} = 46,34920516$$

Выполненные исследования позволили обосновать перспективность метода реконструкции объектов без прекращения эксплуатации, при соблюдении условий ограничения в технологических и организационных регламентах, обеспечивающих безопасность проведения работ и не нарушающих режим основного функционального процесса объекта.

Результаты исследования метода реконструкции без прекращения эксплуатации на примере объекта: «Кадетский ракетно-артиллерийский комплекс» показывают его высокую актуальность и жизнеспособность. Учитывая многообразие подходов к решению задач календарного планирования и особенностей строительных предприятий и конкретных объектов строительства, рассмотрена методика планирования и сравнения методов реконструкции позволяющая сокращать и оценивать сроки выполнения работ на объекте.

Таблица 6. Расчет для определения ущерба реконструкции

$(x_i - M(x))^2 k_i$	$x_i \cdot k_i$	k_i	x_i
19002	905,8	3	(-308,95 - (-287,918))
18866,04	2167,27	8	(-285,21 - (-264,178))
8167,46	2745,55	11	(-262,439 - (-241,407))
100,17	1358,59	6	(-239,58 - (-218,548))
3186,81	2044,95	10	(-211,018 - (-189,986))
10665,42	1081,11	6	(-188,11 - (-167,078))
21514,79	596,03	4	(-158,53 - (-137,498))
10569,17	119,54	1	(-119,54 - (-98,504))
15340,56	98,49	1	(-98,49 - (-77,458))
0	0	0	(-77,476) - 56,426

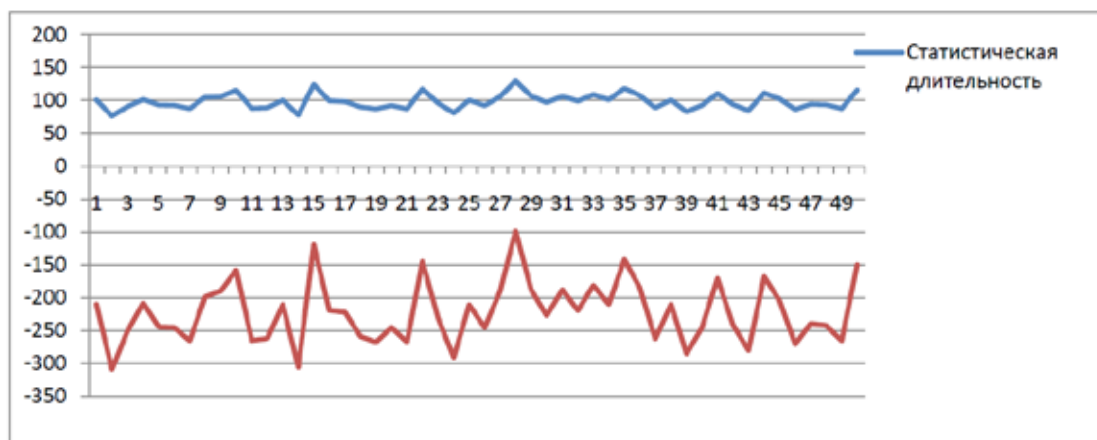


Рис. 3. Зависимости ущерба от продолжительности

Литература:

1. Адам, Ф. М., Бадьин Г. М., Шевченко Н. И. Современные возможности строительного мониторинга// «Строй-ПРОФИль». 2007. — № 5
2. Акуленкова И, В. Эффективность реконструкции жилых зданий (на примере Санкт-Петербурга). дис,... канд. экон. наук, С.-ПГАСУ, 2004 г. — 24 с.
3. Ананьев ВЛ., Балужева Л. Н., Гальнерин А. Д., Городов А. К., Еремии М. Ю., Звягинцева СМ., Мурашко В. П., Седых И. В. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. — М.: Евроклимат, изд-во Арина, 2000—416 с.
4. Кузнецов, С. М. и Н. А. Сироткин С. М Реконструкция промышленных зданий Л., ЛДНТП, 1989. — 35 с.
5. Кузнецов, С. М. Экономика реконструкции недвижимости. — СПб.: Питер, 2004. — 200 с.
6. Бакаева, Т. Я., Соколов П. П. Оценка эффективности деятельности подрядных организаций в условиях расширения и реконструкции действующих предприятий. — Л., ЛДНТП, 1979. — 24 с.
7. Большаков, В. А. Выбор организационных форм проведения реконструкции и технического перевооружения действующих предприятий (методическое пособие)// Тр. ин-та/НИИОУС при МИСИ им В. В. Куйбышева. — 1979.

Классификация семизвенных незамкнутых механизмов и геометрия манипулятора вида ВПЗВП-1

Наркевич Ростислав Олегович, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Рассмотрим все возможные виды манипуляторов, конечное (рабочее) звено которых имеет шесть степеней свободы в некоторой части пространства.

Обозначим $Oxyz$ координатную систему, связанную со стойкой, а через $Nx_6y_6z_6$ — систему, связанную с конечным звеном манипулятора. Задание положения полюса N в системе $Oxyz$ можно выполнить поступательными или вращательными парами. Три независимых угла поворота системы $Nx_6y_6z_6$ относительно $Oxyz$ можно обеспечить только вращательными парами, оси которых не параллельны одной плоскости. Следовательно, среди шести пар манипулятора должно быть не менее трех вращательных.

Количество разновидностей манипуляторов с тремя вращательными парами и тремя поступательными парами равно числу сочетаний из шести элементов по три $C_6^3=20$. Аналогично подсчитывается количество разновидностей манипуляторов с двумя поступательными парами ($C_6^2=15$) и одной поступательной парой ($C_6^1=6$). С шестью вращательными парами возможно только одно сочетание. Следовательно, всего можно получить 42 разновидности манипуляторов, конечное звено которых имеет шесть степеней свободы. Внутри каждого вида можно получить множество модификаций, связанных с различными направлениями осей вращательных пар относительно смежных звеньев и различными направлениями поступательного движения звеньев.

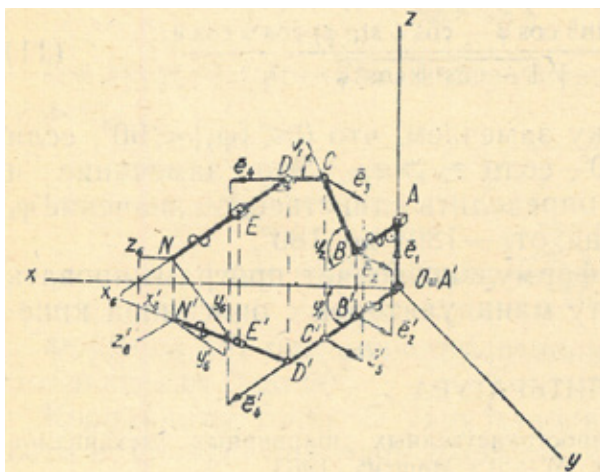


Рис. 1. Кинематическая схема манипулятора вида ВПЗВП-1

Обозначим манипуляторы с шестью вращательными парами символом $6B$. Манипулятор с чередующимися вращательными и поступательными парами обозначим ВПВПВП. Аналогично обозначаются остальные сорок видов манипуляторов.

На рис. 1 изображена в аксонометрии кинематическая схема манипулятора вида ВПЗВП-1. Стойка представлена координатными осями $Oxyz$ и является первым звеном манипулятора. Второе звено OA образует со стойкой первую вращательную пару, вдоль оси которой направлен орт \bar{e}_1 и ось Oz ; точка A расположена на оси Oz . Третье звено (AB , \bar{e}_2) образует со вторым звеном первую поступательную пару, обеспечивающую изменение длины отрезка AB , перпендикулярного к оси Oz . Четвертое звено (BC , \bar{e}_2) образует с третьим вторую вращательную пару, вдоль оси которой направлен орт \bar{e}_2 , перпендикулярный к \bar{e}_1 , AB , BC . Пятое звено (CD , \bar{e}_3) составляет с четвертым третью вращательную пару, вдоль оси которой направлен орт \bar{e}_3 , перпендикулярный к BC и CD . Шестое звено (DE , \bar{e}_4) образует с пятым четвертую вращательную пару, вдоль оси которой направлены отрезок CD и орт \bar{e}_4 , перпендикулярный к DE . Седьмое звено (EN , $x_6y_6z_6$) образует с шестым вторую поступательную пару, обеспечивающую перемещение точки N по прямой DE . Ось Nx_6 расположена на прямой EN , ось Nz_6 параллельна орту \bar{e}_4 , а ось Ny_6 направлена так, чтобы получилась правая прямоугольная координатная система $Nx_6y_6z_6$.

Постоянными параметрами данного манипулятора являются указанные условия относительного расположения отрезков и ортов, а также длины звеньев: $r_1 = OA$; $r_2 = BC$; $r_3 = CD$; $r_4 = DE$. Механизм имеет шесть независимых переменных параметров: φ_1 — угол поворота второго звена относительно стойки; p_1 — длина отрезка AB ; φ_2 — угол поворота четвертого звена относительно третьего; φ_3 — угол поворота пятого звена относительно четвертого; φ_4 — угол поворота шестого звена относительно пятого; p_2 — длина отрезка EN . Кроме того, рассмотрим шесть переменных параметров конечного звена: три координаты точки N и три независимых угла ψ , ϑ , φ поворота конечного звена вокруг полюса N .

Для исследования манипулятора используем графоаналитический метод.

На рис. 2 построены ортогональные проекции кинематической схемы манипулятора по заданным постоянным и переменным его параметрам. Для построений использованы в пространстве шесть плоскостей проекций: первая, параллельная xOy ; вторая, параллельная xOz ; третья, параллельная плоскости σ (ломаная $OABCD$); четвертая, перпендикулярная к третьей и орту \bar{e}_4 ; пятая, перпендикулярная к первой и параллельная Nx_6 ; шестая, перпендикулярная к Nx_6 .

Ортогональные проекции кинематической схемы манипулятора являются логической схемой для вывода аналитических зависимостей между его параметрами. На рис. 2 каждый параметр исследуемого манипулятора проецируется без искажения хотя бы на одну из плоскостей проекций.

Путем сопоставления шести полей проекций на рис. 2 выведены формулы, позволяющие вычислить шесть параметров конечного звена по заданным значениям постоянных и переменных параметров манипулятора:

$$\begin{aligned} x_N &= [p_1 + r_2 \cos \varphi_2 + r_3 \cos(\varphi_2 + \varphi_3)] \cos \varphi_1 - \\ &- (r_4 + p_2) [\cos \varphi_1 \sin(\varphi_2 + \varphi_3) \cos \varphi_4 + \sin \varphi_1 \sin \varphi_4]; \\ y_N &= [p_1 + r_2 \cos \varphi_2 + r_3 \cos(\varphi_2 + \varphi_3)] \sin \varphi_1 - \\ &- (r_4 + p_2) [\sin \varphi_1 \sin(\varphi_2 + \varphi_3) \cos \varphi_4 - \cos \varphi_1 \sin \varphi_4]; \\ z_N &= r_1 - r_2 \sin \varphi_2 - r_3 \sin(\varphi_2 + \varphi_3) - (r_4 + p_2) \cos(\varphi_2 + \varphi_3) \cos \varphi_4; \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned} \psi &= \text{Arctg} \frac{\sin \varphi_1 \sin(\varphi_2 + \varphi_3) \cos \varphi_4 - \cos \varphi_1 \sin \varphi_4}{\cos \varphi_1 \sin(\varphi_2 + \varphi_3) \cos \varphi_4 + \sin \varphi_1 \sin \varphi_4} = \\ &= \text{Arcsin} \frac{\sin \varphi_1 \sin(\varphi_2 + \varphi_3) \cos \varphi_4 - \cos \varphi_1 \sin \varphi_4}{\sqrt{1 - \cos^2(\varphi_2 + \varphi_3) \cos^2 \varphi_4}}; \end{aligned}$$

$$\vartheta = \text{Arctg} \frac{\cos(\varphi_2 + \varphi_3) \cos \varphi_4}{\sqrt{1 - \cos^2(\varphi_2 + \varphi_3) \cos^2 \varphi_4}} = \text{Arcsin} [\cos(\varphi_2 + \varphi_3) \cos \varphi_4];$$

$$\begin{aligned} \varphi &= \text{Arcsin} \frac{\sin \varphi_4 \cos(\varphi_2 + \varphi_3)}{\cos \vartheta} = \\ &= \text{Arccos} [\cos(\varphi_1 - \psi) \cos \varphi_4 + \sin(\varphi_1 - \psi) \sin(\varphi_2 + \varphi_3) \sin \varphi_4]. \end{aligned} \tag{2}$$

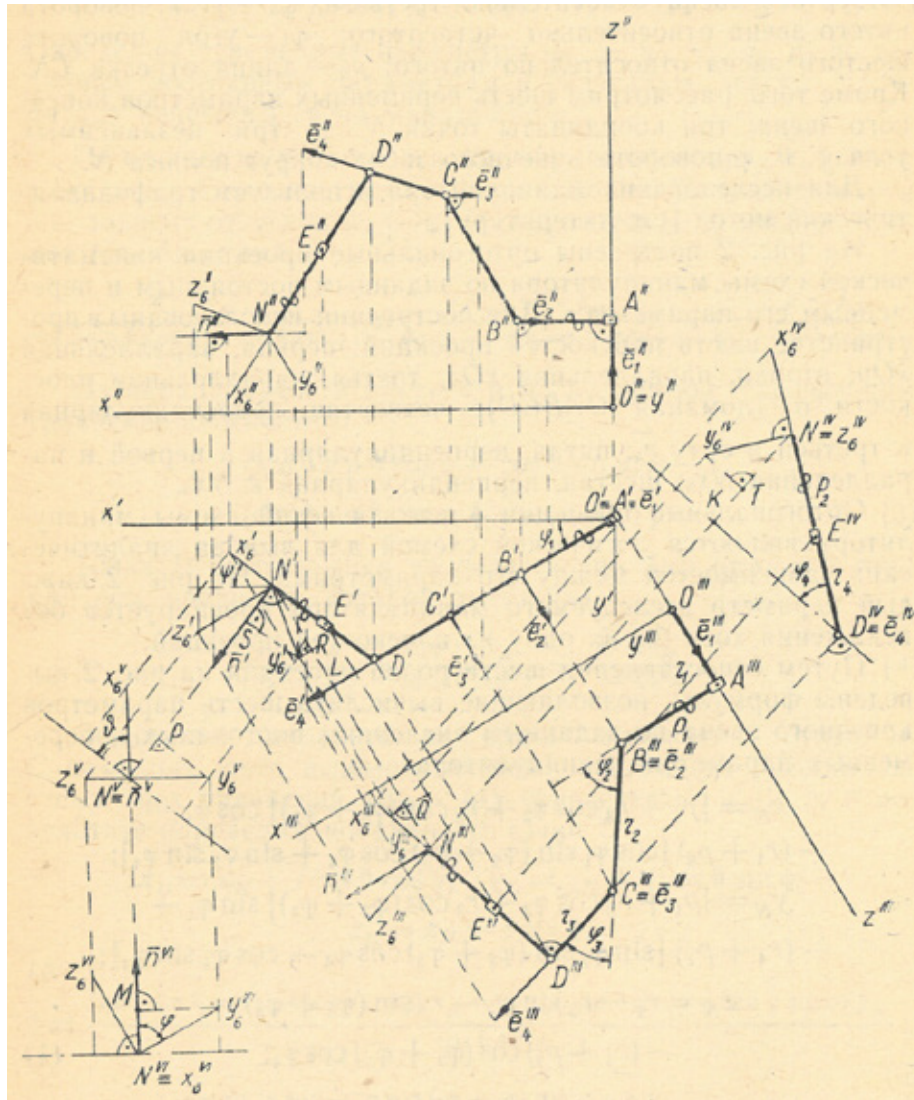


Рис. 2. Ортогональные проекции кинематической схемы манипулятора

Определим переменные параметры $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, p_1, p_2$ по заданным постоянным параметрам и значениям шести параметров конечного звена манипулятора.

По одному из условий ось Nz_6 параллельна орту \bar{e}_4 , расположенному в плоскости σ ломаной $OABCD$. Направление оси Nz_6 зависит от углов ψ, ϑ, φ , а каноническое уравнение прямой Nz_6 имеет вид

$$\frac{x - x_N}{\cos \psi \sin \vartheta \cos \varphi + \sin \psi \sin \varphi} = \frac{y - y_N}{\sin \psi \sin \vartheta \cos \varphi - \cos \psi \sin \varphi} = \frac{z - z_N}{\cos \vartheta \cos \varphi}$$

Из параллельности плоскости σ и прямой Nz_6 выводим уравнение плоскости σ

$$(\sin \psi \sin \vartheta \cos \varphi - \cos \psi \sin \varphi)x - (\cos \psi \sin \vartheta \cos \varphi + \sin \psi \sin \varphi)y = 0. \tag{3}$$

Точка D расположена на пересечении плоскости σ с прямой Nx_6 , уравнение которой имеет вид

$$\frac{x - x_N}{\cos \vartheta \cos \psi} = \frac{y - y_N}{\cos \vartheta \cos \psi} = \frac{z - z_N}{-\sin \vartheta}. \tag{4}$$

Обозначим приравненные здесь отношения буквой t . С помощью этого вспомогательного параметра решим систему трех уравнений (3) и (4) относительно x, y, z , в результате определим координаты точки D :

$$\begin{aligned} x_D &= x_N + t \cos \vartheta \cos \psi; \\ y_D &= y_N + t \cos \vartheta \sin \psi; \\ z_D &= z_N - t \sin \vartheta, \end{aligned}$$

где

$$t = \frac{(\sin \psi \sin \vartheta \cos \varphi - \cos \psi \sin \varphi)x_N - (\cos \psi \sin \vartheta \cos \varphi + \sin \psi \sin \varphi)y_N}{\cos \vartheta \sin \varphi}. \quad (5)$$

Из уравнения (3), которому удовлетворяют координаты точки D , получаем

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= \text{Arctg} \frac{\sin \psi \sin \vartheta \cos \varphi - \cos \psi \sin \varphi}{\cos \psi \sin \vartheta \cos \varphi + \sin \psi \sin \varphi} = \\ &= \text{Arcsin} \frac{\sin \psi \sin \vartheta \cos \varphi - \cos \psi \sin \varphi}{\sqrt{1 - \cos^2 \vartheta \cos^2 \varphi}}. \end{aligned} \quad (6)$$

Формула (6) однозначно определяет угол φ в пределах его изменения от -180° до 180° .

Вычисляя длину отрезка ND по формулам (5), получаем

$$p_2 = ND - r_4 = t - r_4. \quad (7)$$

Точка C расположена в плоскости σ на прямой, проходящей через точку D и параллельной оси Nz_6 . Принимая, что длина отрезка CD равна постоянному параметру r_3 , получаем формулы для вычисления координат точки C

$$\frac{x_C - x_D}{\cos \psi \sin \vartheta \cos \varphi - \sin \psi \sin \varphi} = \frac{y_C - y_D}{\sin \psi \sin \vartheta \cos \varphi - \cos \psi \sin \varphi} = \frac{z_C - z_D}{\cos \vartheta \cos \varphi} = r_3. \quad (8)$$

По первому и третьему полям проекций на рис. 2 составляем следующие уравнения:

$$\sqrt{x_C^2 + y_C^2} - r_2 \cos \varphi_2 = p_1; \quad z_C + z_2 \sin \varphi_2 = r_1. \quad (9)$$

Отметим, что в любом положении данного манипулятора $|\varphi_2| < 90^\circ$; на рис. 2 $\varphi_2 < 0$.

В результате решения уравнений (9) относительно двух неизвестных переменных параметров φ_2 и p_1 получаем

$$\sin \varphi_2 = \frac{r_1 - z_C}{r_2}; \quad p_1 = \sqrt{x_C^2 + y_C^2} - \sqrt{1 - (r_1 - z_C)^2}. \quad (10)$$

По третьему полю проекций устанавливаем связь между углами φ_2 и φ_3 и углом, составленным осью Nz_6 с осью Oz :

$$|\varphi_2 + \varphi_3| + |N^{III}z_6^{III} + O^{III}z^{III}| = 90^\circ.$$

И далее получаем уравнение для вычисления переменного параметра φ_3

$$\sin(\varphi_2 + \varphi_3) - \cos \vartheta \cos \varphi = 0. \quad (11)$$

Переменный параметр φ_4 является углом между вектором \overline{DN} и плоскостью σ . Если \overline{DN} расположен по одну сторону от плоскости σ , то $\varphi_4 > 0$, а если — по другую, то $\varphi_4 < 0$. На рис. 2 угол $\varphi_4 < 0$. Этот угол проецируется без искажения на четвертую плоскость проекций и выражается формулой

$$|\sin \varphi_4| = \frac{N^{IV}K}{r_4 + p_2}.$$

Здесь $N^{IV}K = N^I L$ и представляет собой расстояние от точки N до плоскости σ в пространстве. Это расстояние можно вычислить с помощью уравнения плоскости σ (3) и координат точки N . Преобразуем уравнение (3) плоскости σ к нормальному виду:

$$\frac{\sin \psi \sin \vartheta \cos \varphi - \cos \psi \sin \varphi}{\sqrt{1 - \cos^2 \vartheta \cos^2 \varphi}} x - \frac{\cos \psi \sin \vartheta \cos \varphi + \sin \psi \sin \varphi}{\sqrt{1 - \cos^2 \vartheta \cos^2 \varphi}} y = 0,$$

откуда

$$N^{IV}K = N^I L = \left| \frac{(\sin \psi \sin \vartheta \cos \varphi - \cos \psi \sin \varphi)x_N - (\cos \psi \sin \vartheta \cos \varphi + \sin \psi \sin \varphi)y_N}{\sqrt{1 - \cos^2 \vartheta \cos^2 \varphi}} \right|.$$

Принимая во внимание конкретные значения параметров на рис. 2, получаем

$$-\sin \varphi_4 = \frac{(\sin \psi \sin \vartheta \cos \varphi - \cos \psi \sin \varphi)x_N - (\cos \psi \sin \vartheta \cos \varphi + \sin \psi \sin \varphi)y_N}{(r_4 + p_2)\sqrt{1 - \cos^2 \vartheta \cos^2 \varphi}}. \quad (12)$$

При этом $0 \leq \varphi_4 < 90^\circ$, если $z_N < z_D$, и $90^\circ < \varphi_4 \leq 180^\circ$, если $z_N > z_D$. Это замечание и формула (12) позволяют определить единственное значение φ_4 в интервале его изменения от -180° до 180° .

На основании выведенных формул можно программировать и автоматизировать работу описанного манипулятора.

Литература:

1. Ананов, Г.Д. Кинематика пространственных шарнирных механизмов сельскохозяйственных машин. М. — Л., Машгиз, 1963.
2. Поезжаева, Е.В. Промышленные роботы: учеб. пособие: в 3 ч. — Пермь: Изд-во Перм. гос. тех. ун-та, 2009. — Ч. 2. — 185 с. 2.

Алгоритмы обработки информации в системе технического зрения робота

Наркевич Ростислав Олегович, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический институт

Среди различных способов очувствления промышленных роботов своей информативностью выделяются системы визуального очувствления, иначе системы технического зрения (СТЗ). Они могут выполнять различные функции: идентификацию объектов работы, определение параметров их положения на сцене, определение и прогнозирование параметров движения объектов. Разрабатываются как сложные СТЗ, так и простые. Последние могут быть использованы в производственных условиях при известных технологических процессах, позволяющих обеспечить определенные ограничения (по количеству объектов в поле зрения, их контрастности и расположению и т. д.).

В состав простых СТЗ входят датчик изображений, устройство управления записью и выводом видеосигнала, специализированный процессор, осуществляющий обработку поступающей с датчика видеоинформации.

Рассмотрим вопросы обработки дискретных бинарных изображений, получаемых от СТЗ с полупроводниковыми фотоматрицами.

Положение объекта на рабочей сцене характеризуется сдвигом и поворотом системы координат, связанной с объектом, относительно системы координат сцены. Датчик изображений обеспечивает запись в память процессора цифрового бинарного изображения, соответствующего силуэту объекта в определенном масштабе. Переход от положения изображения на чувствительной поверхности датчика к положению объекта на сцене может быть сделан с помощью проекционных преобразований, которые определяются углом зрения объектива и его удаленностью от объекта.

Установив соответствие между координатами сцены и чувствительной поверхностью датчика, удобно характеризовать положение объекта на сцене координатами его геометрического центра и наклоном продольной оси (ориентацией). Для вычисления координат геометрического центра используются формулы

$$\begin{aligned} x_c &= \sum_{i,j} m_{ij}J / \sum_{i,j} m_{ij}, \\ y_c &= \sum_{i,j} m_{ij}I / \sum_{i,j} m_{ij}, \end{aligned} \quad (1)$$

где m_{ij} — элементы бинарного цифрового изображения объекта, принимающие значения 0 или 1; J, I — их координаты на дискретном чувствительном поле датчика. Для изогнутых и несимметричных относительно продольной и поперечной осей промышленных деталей вычисленный таким методом геометрический центр может оказаться за границей силуэта, тогда точка захвата детали роботом определяется смещением от вычисленного центра. Однако, большинство деталей имеют правильную форму и определение их центра и точки захвата достаточно точно проводится по формулам (1).

Ориентация силуэта на чувствительной поверхности датчика может быть определена наклоном аппроксимирующей прямой для трех точек — геометрического центра силуэта и двух наиболее удаленных друг от друга диаметрально противоположных точек контура. Такой метод прост в вычислительном отношении и дает удовлетворительные результаты для большинства промышленных деталей. При работе СТЗ с деталями сложной формы можно заранее ввести поправки в соответствии с особенностями детали. Вычисление наклона аппроксимирующей прямой проводится по формулам метода наименьших квадратов после выделения контурных элементов. По известным координатам указанных точек (I_1, I_1) , (I_2, I_2) , (I_3, I_3) коэффициент наклона аппроксимирующей прямой вычисляется по формуле

$$a = \frac{\overline{xy} - \bar{x}\bar{y}}{\overline{x^2} - \bar{x}^2}$$

где

$$\bar{x} = \frac{1}{3} \sum_{k=1}^3 J_k; \bar{y} = \frac{1}{3} \sum_{k=1}^3 J_k; \overline{xy} = \frac{1}{3} \sum_{k=1}^3 I_k J_k; \overline{x^2} = \frac{1}{3} \sum_{k=1}^3 J_k^2 \quad (k = 1, 2, 3).$$

Выделение контурных элементов проводится посредством сканирования бинарного цифрового изображения «программным окном» в форме квадрата или креста. На каждом шаге сканирования осуществляются логические и арифметические операции со значениями элементов «окна», и по результатам вычислений центральные элементы «окна» относятся к контурным. На рис. 1 представлена блок-схема алгоритма выделения контура. Здесь используется «окно» в форме креста, что не позволяет учитывать элементы, лежащие в вершине впадин силуэта, и приводит к частичному сглаживанию контура. Если такие элементы необходимы при дальнейшей обработке, рекомендуется использовать квадратное «окно». После выделения контурных элементов их целесообразно пронумеровать, а контурные элементы, не принадлежащие контуру, если они не используются на других этапах обработки — исключить. Этим достигается уменьшение объема обрабатываемой информации.

Идентификация проводится методом сравнения с эталоном, для чего изображение представляется в той же системе признаков, в какой хранится эталон. Наиболее просто вычисляемыми признаками являются площадь силуэта, его периметр, число и общая площадь отверстий, радиусы вписанной и описанной окружностей и средний радиус, которые инвариантны к сдвигу и повороту, а также отношения геометрических размеров объекта, инвариантные и к масштабу силуэта. Примером может служить идентификация промышленных деталей (втулок, поршней, крышек) по их силуэтам. При выборе параметров идентификации следует учитывать признаки, по которым в наибольшей степени отличаются идентифицируемые детали, а также разрешение датчика.

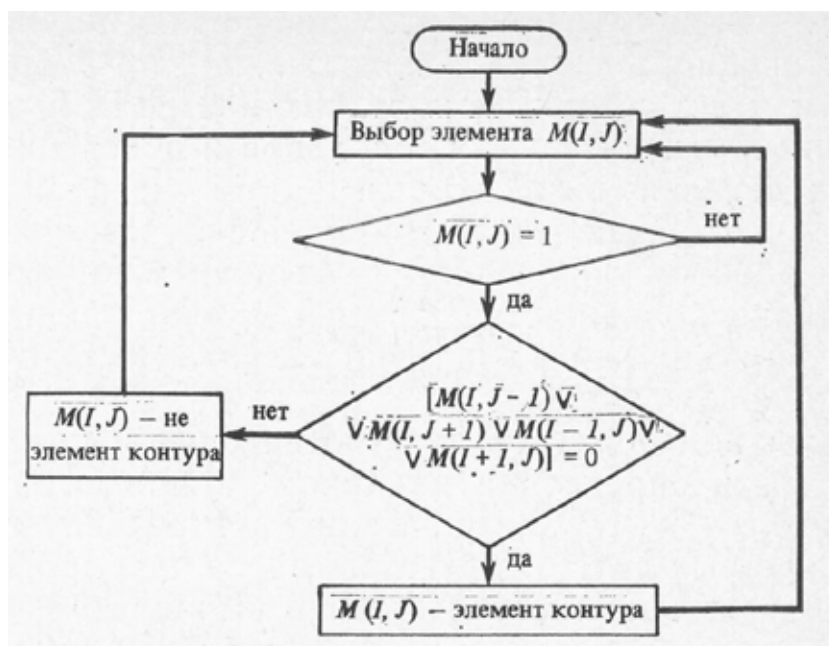


Рис. 1. Алгоритм выделения контура

Для объектов с небольшим отличием по простым геометрическим признакам могут быть использованы более сложные системы, учитывающие одновременно несколько геометрических характеристик объекта. При вычислении

этих признаков предварительно должны быть найдены координаты угловых точек контура, что является отдельным этапом обработки изображений.

Относительно простой метод выделения углов контура — последовательное измерение отстояния двух элементов, номера которых отличаются на заданное целое число ΔN . Если оказывается, что отстояние меньше заданного порогового значения, то один из элементов, номер которого оказался в интервале ΔN , определяется как угловой, его координаты и номер запоминаются для дальнейших операций. На рис. 2 представлена блок-схема алгоритма выделения углов. Здесь ΔN равно 5, отстояние элементов с номерами $k - 2$ и $k + 2$ определяется как сумма модулей разности их координат I и J , значение порога равно 3, угловым объявляется элемент с номером k . Два начальных и два конечных элемента контура следует проверять вне цикла, в противном случае необходимо условно увеличивать число элементов (прибавляя два начальных и два конечных). В конкретных приложениях ΔN выбирается соответственно силуэту объекта и разрешению датчика. Другим методом выделения угловых точек контура может быть определение угловой дуги, проведенной, например, через $(n - 2)$ — ю, n — ю и $(n + 2)$ — ю точки контура, и сравнение ее значения с заданным пороговым уровнем.

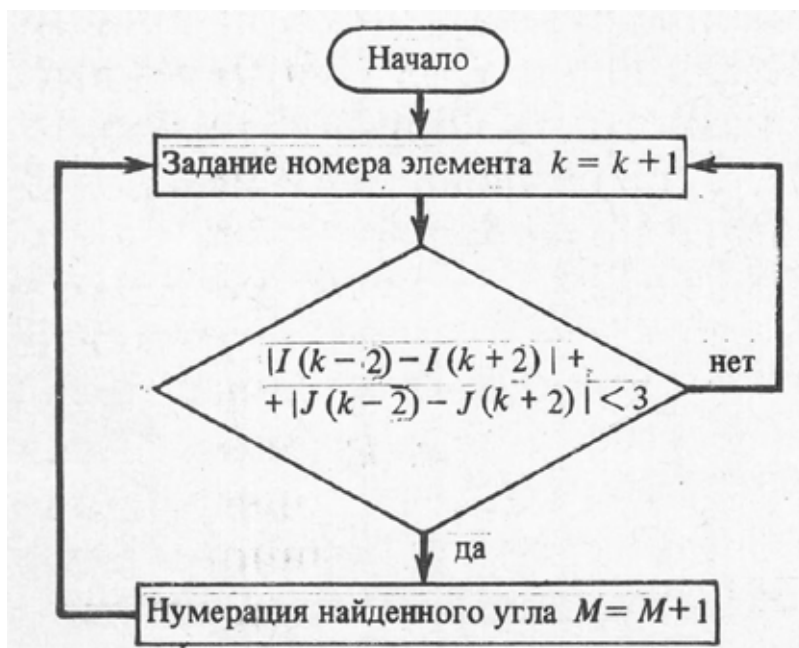


Рис. 2. Алгоритм выделения углов

Рассмотрим представление силуэта объекта в форме дискретных функций, характеризующих силуэты по количеству углов и расстояниям между ними, по отстоянию углов от геометрического центра и по свойствам силуэта в полярных координатах.

Выделив углы контура, определив их координаты и назначив номера углов, получаем возможность определить отстояние углов друг от друга при последовательном обходе контура. В зависимости от сложности силуэта оно может измеряться в евклидовой метрике или другими способами, например по числу контурных элементов между углами. В результате измерений получается запись силуэта в виде функции, характеризующей наличие углов с номерами k и отстояние углов $L(k)$ (рис. 3). Для инвариантности к масштабу отстояние можно измерять в относительных единицах, например отношением отстояния к периметру $L(k)/P(k)$. Особенность такого представления силуэта — неинвариантность относительно поворота, поэтому при сравнении изображения с эталоном последний приходится вращать, т. е. проводить циклическую перенумерацию его элементов $L(k)/P(k)$ до совпадения со всеми элементами изображения одновременно. Такие повороты могут быть использованы для определения ориентации объекта — по их числу можно приближенно определить, насколько изображение повернуто относительно первоначального положения эталона. Если при вращении не достигнуто совпадение с заданной точностью всех элементов изображения и эталона, для идентификации вызывается другой эталон. Признаком, по которому вызываются эталоны, является число углов.

В некоторых случаях, выделив углы силуэта и определив координаты геометрического центра, для идентификации целесообразно пользоваться числом углов и их отстоянием от геометрического центра. Запись эталона в такой форме представлена на рис. 4. Программное вращение эталона с целью определения начала отсчета углов используется при вычислении приближенной ориентации.

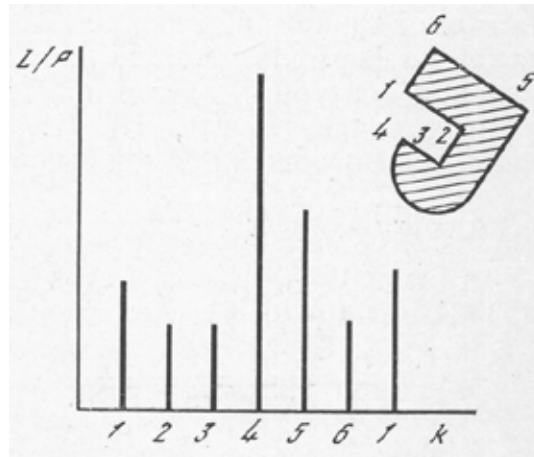


Рис. 3. Запись силуэта

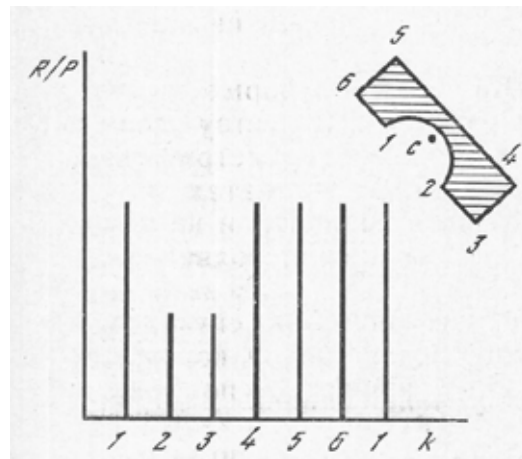


Рис. 4. Запись эталона

Для объектов с группировкой углов может оказаться удобной идентификация по параметрам, выраженным в полярных координатах. Вычисляя тангенсы угла, образованного двумя прямыми, проходящими через геометрический центр и k -й и $(k + 1)$ -й углы силуэта, получаем представление изображения в параметрах $|\tan \gamma|$ (рис. 5). В процессе идентификации эталон программно поворачивается.

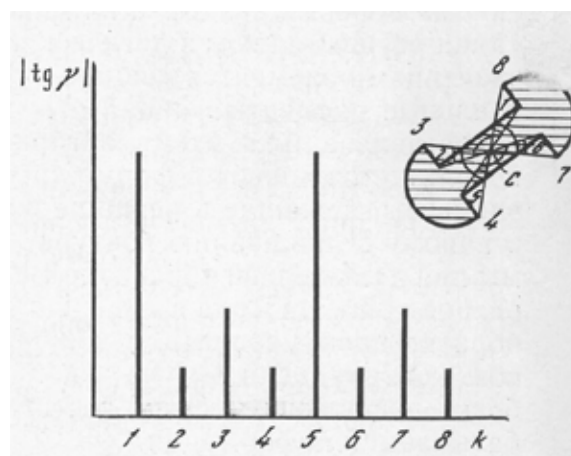


Рис. 5. Представление изображения в параметрах $|\tan \gamma|$

Если по свойствам объекта или разрешению датчика указанные параметры не обеспечивают надежной идентификации, то может быть применена идентификация в полярных координатах. Вычисляется длина радиуса-вектора от центра до контурных элементов по мере его поворота на заданные полярные углы, и объект представляется параметрами $R(\gamma)$. В качестве примера на рис. 6 показана идентификация эллипса, ориентация которого может быть оценена при вращении эталона.

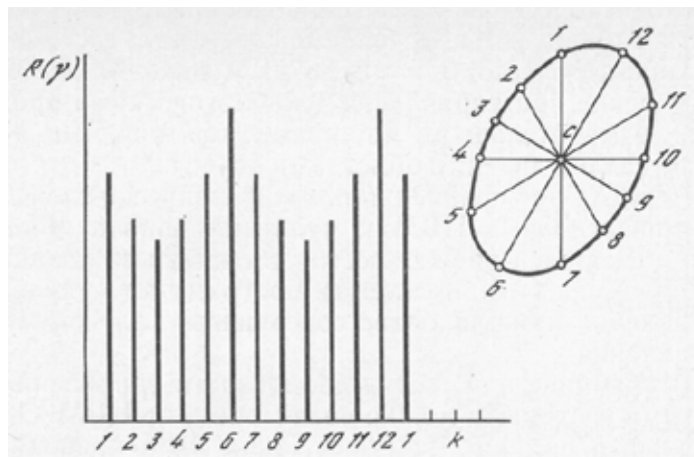


Рис. 6. Идентификация эллипса

Использование рассмотренных параметров идентификации позволяет оценить ориентацию объекта с точностью, соответствующей минимальному отстоянию характерных элементов силуэта, выбранных для идентификации.

Большое значение для развития простых СТЗ имеет создание специального технического обеспечения: оптоэлектронных датчиков изображений и устройств обработки и предобработки видеосигналов. Применение микропроцессоров позволяет выделить в отдельный модуль устройство управления датчиком СТЗ и устройство обработки видеосигналов, что значительно уменьшает габариты всей системы. При реализации алгоритмов обработки визуальной информации собственного объема памяти микропроцессорных устройств может оказаться недостаточно. В этом случае целесообразно применять дополнительные накопители, сочетающиеся с микропроцессорами.

Литература:

1. Agin, G.J. Serving with visual feedback. — In: 7th Intern. Symp. on Industrial Robots, Tokyo, Japan, 1977. Tokyo: Jap. Industr. Robot Assoc. (JIRA), 1977.
2. Поезжаева, Е. В. Промышленные роботы: учеб. пособие: в 3 ч. — Пермь: Изд-во Перм. гос. тех. ун-та, 2009. — Ч. 3. — 185 с.
3. Румшицкий, Л. З. Математическая обработка результатов эксперимента. М.: Наука, 1971. 192 с.

Полуавтоматические манипуляционные системы с силовой обратной связью

Наркевич Ростислав Олегович, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический институт

При выполнении работ в экстремальных условиях, когда окружающая среда опасна для человека, а характер выполняемых операций не позволяет полностью автоматизировать их выполнение, важную роль играют дистанционно управляемые манипуляционные роботы. Они дают возможность оператору выполнять требуемые операции, находясь в безопасном удалении от объекта работ.

Значительное повышение эффективности работы дистанционно управляемых манипуляционных роботов может быть достигнуто при использовании вычислителей, обеспечивающих управление приводами манипулятора, т.е. при полуавтоматическом управлении. Человек-оператор при этом с помощью многостепенного задающего устройства управляет движением схвата манипулятора. Работать человеку-оператору с такими системами существенно

легче по сравнению с манипуляционными системами копирующего типа. Появляется возможность использовать различные алгоритмы управления. Конструкция задающего устройства становится независимой от кинематической схемы исполнительного органа.

Среди различных операций, которые необходимо выполнять с помощью манипуляционных роботов, существует ряд таких, осуществление которых невозможно без восприятия оператором сил и моментов, действующих на схват со стороны объекта манипулирования. Для подобных операций применяются системы двустороннего действия, т. е. системы, в которых предусматривается воспроизведение на задающем устройстве сил и моментов, пропорциональных действующим на манипулятор. Наибольшее распространение получили системы двустороннего действия копирующего типа. Принцип двустороннего действия может быть использован в полуавтоматических системах управления манипуляционных роботов. В таких системах для обеспечения силовой обратной связи используется многостепенный датчик сил и моментов, действующих на схват манипулятора, устанавливаемый в его «запястье». Для выполнения необходимых преобразований сигналов датчика и получения управляющих сигналов на силовые элементы задающего устройства необходимо применение вычислителя.

Таким образом, на вычислительное устройство, входящее в состав полуавтоматической манипуляционной системы с силовой обратной связью, возлагаются формирование управляющих сигналов на приводы манипулятора в зависимости от сигналов, вырабатываемых оператором на задающем устройстве, и формирование сигналов на силовые элементы задающего устройства. Эти задачи независимы, так как коррекция управляющих сигналов на основе сигналов обратной связи осуществляется че-

ловеком-оператором и каждая из них может быть решена с помощью одной программы.

Итак, основными особенностями вычислителя в полуавтоматической системе управления с силовой обратной связью являются: работа в реальном масштабе времени; работа в однопрограммном режиме; выполнение двух независимых задач. Вследствие этого для создания системы управления целесообразно использовать два программируемых или специализированных микропроцессора.

Функциональная схема полуавтоматической манипуляционной системы с силовой обратной связью показана на рис. 1, где приняты следующие условные обозначения: ЗУ — задающее устройство; ИУ — исполнительное устройство (манипулятор); УП — устройство преобразования аналог — цифра, цифра — аналог; БУ — блок усилителей приводов исполнительного устройства; ДМ — датчик сил и моментов; 1 — управляющий микропроцессор; 2 — микропроцессор в цепи силовой обратной связи; ОС — обратная связь.

Микропроцессоры 1 и 2 в такой системе работают независимо друг от друга. Первый пересчитывает сигналы задающего устройства в сигналы управления приводами манипулятора, используя также информацию, получаемую от датчиков положения и скорости в степенях подвижности исполнительного устройства. Второй формирует сигналы на силовые элементы задающего устройства на основе сигналов, поступающих от датчика сил и моментов через устройство преобразования.

Управление манипулятором целесообразно организовать по принципу комбинированного управления, позволяющего изменять способ управления в зависимости от решаемой задачи. Примером алгоритма комбинированного управления служит позиционно — скоростной алгоритм.

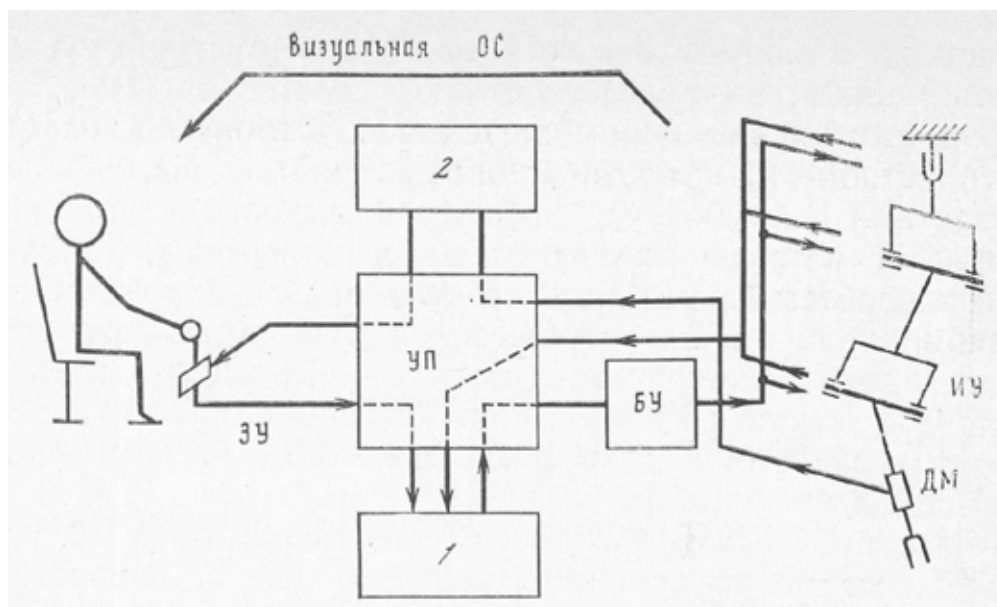


Рис. 1. Функциональная схема системы

Второй микропроцессор решает две задачи — преобразование сигналов датчика, получаемых в системе координат, связанной со схватом манипулятора, в сигналы, соответствующие системе координат, связанной со стойкой манипулятора; задачу формирования управляющих сигналов на силовые элементы задающего устройства. Связывая определенным образом системы координат $O_i X_i Y_i Z_i$ ($i = 1, 2, \dots, n$) с каждым из звеньев манипулятора, нетрудно составить ортогональную матрицу перехода от n -й системы, связанной со схватом, к системе, связанной со стойкой:

$$\tau_{0n} = \prod_{i=1}^n \tau_{i-1i}(q_i),$$

где τ_{i-1i} — матрица перехода от системы координат $O_i X_i Y_i Z_i$ к системе $O_{i-1} X_{i-1} Y_{i-1} Z_{i-1}$. Вычисление этой матрицы позволяет определить векторы сил и моментов в неподвижной системе координат ($F = \tau_{0n} F^{(n)}$ и $M = \tau_{0n} M^{(n)}$) по показаниям датчика $F^{(n)}$ и $M^{(n)}$. Вторая задача сводится к формированию сил и моментов, которые должны быть воспроизведены на задающем устройстве, по формуле

$$\mu_3 = J_3^T(q_3) [F : M]^T k_3,$$

где q_3 — обобщенные координаты задающего устройства; $J_3(q_3)$ — соответствующая матрица Якоби, которая может быть существенно упрощена за счет удачного выбора конструкции рукоятки; $k_3 = const$.

Основная трудность, возникающая при проектировании системы управления, состоит в том, что все вычисления должны проводиться в реальном масштабе времени.

Необходимое быстродействие управляющего микропроцессора может быть обеспечено за счет выбора достаточно простого алгоритма управления.

Программа микропроцессора в цепи силовой обратной связи predetermined кинематическими схемами исполнительного и задающего устройств, однако точность представления информации здесь определяется возможностями человека-оператора воспринимать силовые воздействия.

Для анализа этих характеристик были предприняты специальные исследования. Оценка точности восприятия оператором силы проводилась при разбиении диапазона предъявляемых сил (8–25 Н) на 3, 4, ..., 8 равных интервалов. На рис. 2 показаны полученные зависимости вероятности ошибки p и времени опознания значения силы от числа разбиений N . Вероятность ошибки возрастает с увеличением числа возможных значений силы. Для уверенного распознавания значения силы необходимо не более шести градаций.

Исследования точности восприятия направления силы проводились аналогично [2]. На рис. 3 показана зависимость вероятности ошибки от количества предъявляемых оператору направлений. Они соответствуют делению окружности на 4, 6, 8, 12 равных частей. Из графика видно, что уверенное различение направления происходит при делении окружности не более чем на 12 частей, что соответствует шести градациям с учетом знака.

Таким образом, достаточная точность предъявления как значения, так и направления силы обеспечивается четырьмя разрядами, включая знаковый.

Отметим, что требования к микропроцессору 2 (см. рис. 1) по точности существенно ниже, чем к микропроцессору 1. Однако требования к быстродействию второго микропроцессора весьма высоки, поскольку оператор должен мгновенно реагировать на препятствия или иные внешние силы, возникающие при работе манипулятора, причем латентный период реакции механорецепторов весьма низок.

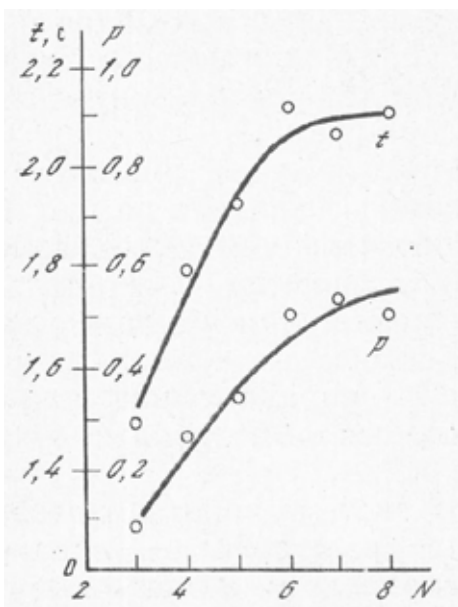


Рис. 2. Оценка точности восприятия оператором силы

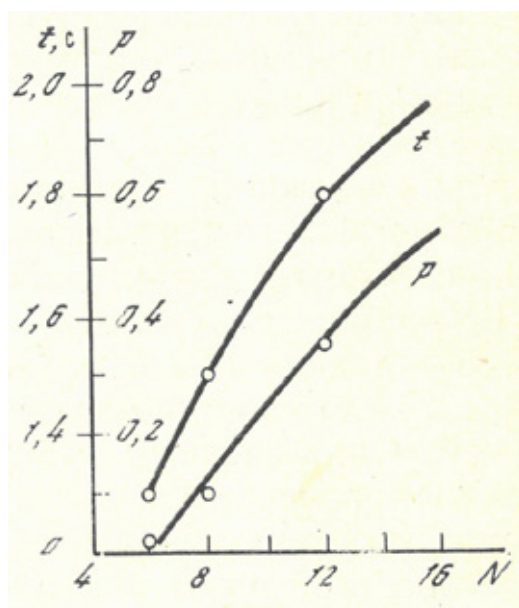


Рис. 3. Зависимость вероятности ошибки от количества предъявляемых оператору направлений

Несмотря на ограниченные возможности оператора по восприятию силовой информации, полуавтоматическая система управления манипулятором с силовой обратной связью позволяет выполнять весьма сложные операции, сопровождающиеся возникновением непред-

виденных внешних сил, в том числе различные сборочные операции, операции с кинематически связанными объектами. Это объясняется более полным согласованием возможностей оператора и технической части системы, обеспечиваемым с помощью микропроцессоров.

Литература:

1. Письменный, Г.В. Позиционно-скоростной метод управления манипулятором. — Изв. АН СССР. Техн. Кибернетика, 1976, № 3.
2. Ефремов, Е.В., Сметанко В.Е., Шнейдер А.Ю., Ющенко А.С. Исследование манипуляционной полуавтоматической системы двустороннего действия. — В кн.: II Всесоюз. Межвуз. науч.-техн. конф. «Робототехнические системы», Киев, 1980. Киев: Киев, политехн. ин-т, 1980, кн. 1.

Обзор существующих методик расчёта основных параметров грануляционного оборудования

Осокин Антон Владиславович, аспирант;

Гиенко Евгений Андреевич, аспирант;

Лагутин Иван Иванович, аспирант

Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова

Процессы формирования волокнистых материалов на плоскоматричных грануляторах очень сложны и относительно мало изучены. В то же время процессы движения формируемого материала по каналу фильеры изучены достаточно подробно, но использование оборудования данного типа для формирования материалов волокнистой структуры оставляет много вопросов, затрагивающих характер движения материала с учётом его физико-механических свойств, изменяющихся в процессе воздействия на них внешних сил.

При рассмотрении процессов формирования большой интерес представляет определение таких показателей, как производительность машины и энергозатраты на процесс формирования. При расчёте производительности плоскоматричного гранулятора большинство методов расчёта сводится к определению пропускной способности пресс-матрицы в зависимости от плотности исходного сырья, скоростных режимов и геометрических параметров (число прессующих валков, коэффициента использования рабочей поверхности матрицы) машины.

Согласно исследованиям отечественных и зарубежных учёных основным показателем, характеризующим любой процесс уплотнения, является конечная плотность получаемых монолитов, которая повышается по мере увеличения приложенного давления [5, 6, 8]. На основании анализа полученных эмпирических зависимостей проф. Мельниковым С. В. было выведено основное уравнение (закон) прессования зернистых и волокнистых капиллярно-пористых материалов, определяющее однозначную зависимость нормального давления прессования от плотности получаемого монолита [5, 6]:

$$P = C \cdot \left(e^{a \cdot (\rho - \rho_0)} - 1 \right); \quad (1)$$

где C — постоянный параметр, $C = b/a$, (МПа);

a — параметр, характеризующий свойства материала, ($\text{м}^3/\text{кг}$);

ρ — плотность получаемого монолита, ($\text{кг}/\text{м}^3$);

ρ_0 — плотность исходного сырья, ($\text{кг}/\text{м}^3$).

Параметры a и C зависят от структурно-механических свойств материала (прочность, влажность, крупность частиц) и определяют собой сопротивляемость материала сжатию (определяются экспериментально).

Кучинский З. М. в своей работе [5] определяет сопротивление прессовального канала пресса сплошного цилиндрического сечения и с конусной заходной частью как, соответственно:

$$p_c = \left(\frac{q_0}{\mu} \right) \cdot \left(e^{4f \cdot \mu \frac{L_0}{d}} - 1 \right) \quad (2)$$

$$p_c = \left(\frac{q_0}{\mu} \right) \cdot \left[\left(\frac{d_0}{d} \right)^k e^{4f \cdot \mu \frac{L_2 - L'_2}{d}} - 1 \right];$$

где q_0 — остаточное боковое давление, обусловленное упругим расширением спрессованного материала, (МПа);

μ — коэффициент бокового давления (бокового распора);

d_0 — начальный диаметр заходной конической части фильеры, (м);

d — диаметр цилиндрического канала фильеры, (м);

k — коэффициент, $k = 2\mu \cdot f \cdot \cos \alpha / \operatorname{tg} \alpha$;

f — коэффициент трения материала о стенки канала;

L_2 — длина канала фильеры, (м);

L'_2 — длина заходной (конической) части фильеры, (м).

Данные сопротивления каналов являются противодействием, которое должно обеспечить максимальное давление рабочего органа для получения гранул заданной плотности.

В этой же работе определяется максимальная производительность гранулятора ($\text{т}/\text{ч}$) с активной плоской матрицей и коническими прессующими валками следующей зависимостью:

$$Q = \frac{60\pi}{1000} (2R - l) \cdot l \cdot h \cdot \rho_0 \cdot n \cdot z; \quad (3)$$

где R — радиус пресс-матрицы, (м);

l — длина прессующего валка, (м);

h — подача материала на пресс-матрицу, (м);

ρ_0 — начальная плотность материала, ($\text{кг}/\text{м}^3$);

n — частота вращения пресс-матрицы, (мин^{-1});

z — число прессующих валков, (шт).

Ветюговым А. В. в результате исследований процесса формирования тонкодисперсных порошков на грануляторе с плоской матрицей [2] было получено выражение для расчёта усилия прессования (в данном случае эта стадия предваряла стадию виброгранулирования), действующее со стороны уплотняющего катка (рис. 1), позволяющее связать между собой конструктивные, технологические параметры установки и физико-механические свойства уплотняемого материала:

$$P_{\text{упл}} = \frac{4P_{\text{сдв}} \cdot \omega_k \cdot R_k^4}{\left(k_{\text{упл}} \cdot h_{\text{упл.сл}} \right)^3} \cdot \varphi_0 \cdot \sin^3 \varphi_0 \cdot B_k; \quad (4)$$

где ω_k — угловая скорость вращения катка, (с^{-1});

$P_{\text{сдв}}$ — сопротивление сдвиговому деформированию слоя материала, ($\text{Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2$);

R_k — радиус катка, (м);

$h_{\text{упл.сл}}$ — толщина слоя уплотнённого материала, (м);

- $k_{упл}$ — коэффициент уплотнения материала;
- a — расстояние от центра катка до крайней точки уплотняемого слоя, (м);
- B_k — ширина катка, (м);
- φ_0 — угол захвата материала катком, (рад);
- $H_{0упл}$ — исходная толщина уплотняемого слоя, (м).

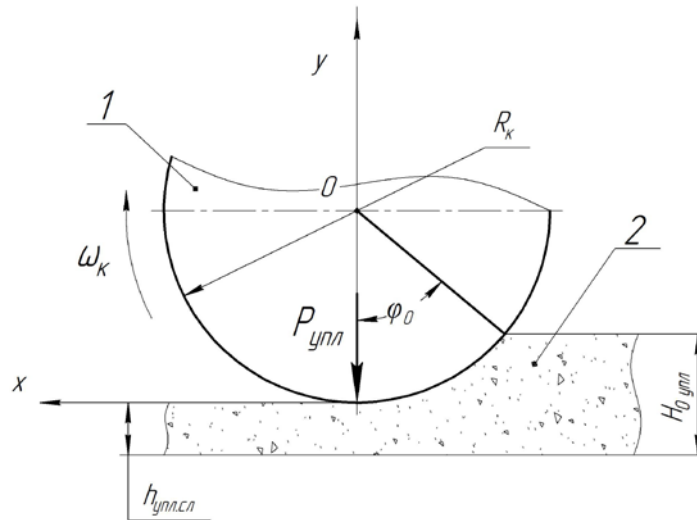


Рис. 1. Схема к расчёту процесса предуплотнения материала: 1 — каток, 2 — уплотняемый материал

В той же работе предложена формула максимальной производительности гранулятора, определяемая расходом материала через отверстия матрицы и плотностью готового продукта:

$$\Pi = \rho_B \cdot \Pi_\phi = \rho_B \cdot \frac{(h_{упл.сл} - h_1) \cdot \pi \cdot d_{отв}^2 \cdot z \cdot n_m \cdot k}{4 \cdot 60}; \tag{5}$$

- где ρ_B — плотность продукта в зоне выдавливания в фильере матрицы, (кг/м³);
- Π_ϕ — расход материала через фильеры матрицы, (м³/с);
- $d_{отв}$ — диаметр отверстия фильеры, (м²);
- n_m — частота вращения тарели, (об/мин);
- z — число катков, (шт);
- k — число отверстий тарели, (шт).

Необходимое условие продавливания материала через отверстия фильеры и начала процесса гранулирования является превышение вертикальных составляющих сил давления на предуплотнённый материал над силами трения:

$$P_{мин\,нресс.} \geq f_1 \cdot \rho \cdot A \sin \varphi \cdot R_k^2 \cdot \omega_k^2 + f_2 \cdot \rho \cdot \frac{\pi \cdot d_{отв}^2}{4} \cdot h_2 \cdot R_k \cdot \omega_k^2 + 4 f_2 \cdot \xi \cdot \frac{P_{упл} \cdot h_2}{\pi \cdot d_{отв}}; \tag{6}$$

- где f_1 — коэффициент трения между катком и материалом;
- f_2 — коэффициент трения между поверхностью отверстий фильеры и частицами материала;
- ρ — плотность керамического порошка после предуплотнения, (кг/м³);
- $d_{отв}$ — диаметр отверстия фильеры, (м²);
- R_k — радиус прессующего катка, (м);
- ω_k — угловая скорость вращения катка, (с⁻¹);
- ξ — коэффициент бокового давления;
- $P_{упл}$ — нормальная сила (сила, действующая со стороны катка на слой материала, (Н);
- h_2 — высота цилиндрической части отверстия фильеры, (м);
- m_k — масса катка, (кг);
- $F_{нр}$ — нагрузка, создаваемая пружиной, (Н);
- g — ускорение свободного падения, (м/с²);

Мощность, затрачиваемую на получение гранул, автор определил как:

$$N = N_{н.у.} + N_p = (P_{кат} \cdot f_k \cdot R_k \cdot \omega_k) + (P_t \cdot R_k \cdot \omega_k \cdot z + P_{кат} \cdot f_2 \cdot R_k \cdot \omega_k); \tag{7}$$

где $N_{н.у.}$ — мощность, затрачиваемая на равномерное распределение керамического порошка по ширине катков и его предварительное уплотнение, (Вт);

N_p — мощность, затрачиваемая на прессование (продавливание через фильеру) материала, (Вт);

f_k — коэффициент сопротивления качению;

R_k — радиус прессующего катка, (м).

В исследованиях Севостьянова М. В. [7] по формированию техногенных порошкообразных материалов давление, необходимое для обеспечения процесса экструдирования материала через фильеру переменного сечения (рис. 2), было определено как:

$$\bar{P}_0 = \sigma_{cp} \exp \frac{2\xi f_0 (D_k - d_\phi)}{D_k \operatorname{tg} \beta} \left[\frac{D_k^2}{d_\phi^2} f_i + \left(\cos \beta + \frac{\sin \beta}{\xi} \right) f_0 + \xi f_0 \right] - E_1 \frac{\bar{P} - \bar{P}_k}{E_2} \left[1 - \exp \left(-\frac{E_2 t}{\eta_1} \right) \right]; \quad (8)$$

где σ_{cp} — среднее напряжение, действующее на элементарный слой деформируемого материала перед его истечением, (Н/м²);

ξ — коэффициент бокового давления формируемого материала;

D_k — диаметр входной конической части фильеры, (м);

d_ϕ — диаметр цилиндрической части фильеры, (м);

β — угол наклона стенок конической части фильеры к её оси, (град);

f_i, f_0 — коэффициенты внутреннего и внешнего трения материала;

E_1 — условно-мгновенный модуль упругости, (Н/м²);

E_2 — модуль эластичности, (Н/м²);

$\bar{P} - \bar{P}_k$ — действующее напряжение, поддерживающее стационарный поток модулем эластичности, (Па);

η_1 — пластическая вязкость, (Па · с);

t — единица времени, (с).

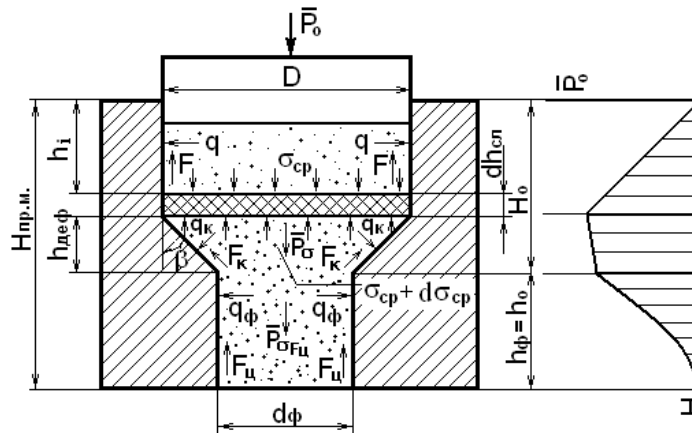


Рис. 2. Схема к расчёту давления экструдирования

Производительность агрегата и затрачиваемую, на экструдирование материала, мощность автор определил как:

$$Q_m = S_{\phi_{ц}} \cdot V_{cp} \cdot \rho_{cp} \cdot z_{\phi} \cdot z_{\epsilon} \cdot k; \quad (9)$$

$$N_{экстр} = P_{\phi} \cdot z_{\phi_{\bar{P}_0}} \cdot k_{перем} \cdot V_{cp} \cdot z_{\epsilon}; \quad (10)$$

где $S_{\phi_{ц}}$ — площадь цилиндрической части фильеры, (м²);

V_{cp} — средняя скорость перемещения гранулы в фильере, (м/с);

ρ_{cp} — плотность сформованной гранулы, (кг/м³);

z_{ϕ} — количество фильер в пресс-ватрице, (шт);

z_{ϵ} — количество прессующих валков, (шт);

k — коэффициент снижения производительности, ($k = 0,14 \dots 0,15$);

P_{ϕ} — усилие, необходимое для формирования гранулы в фильере, (Н);

$z_{\phi_{\bar{P}_0}}$ — количество фильер в зоне обжатия шихты, (шт);

$k_{перем}$ — коэффициент дополнительного сопротивления из-за наличия перегородок между фильерами, ($k_{перем} = 1,2$).

В исследованиях Булатова И. А. по прессовому гранулированию мелкодисперсных сред на примере минеральных порошков и древесных отходов [1] было определено необходимое условие формирования гранул, устанавливающее связь между геометрическими размерами канала матрицы и свойствами гранулируемой системы (рис. 3):



Рис. 3. Схема сил, действующих на материал в канале матрицы

$$l < \left(1 - \exp\left(-\frac{4}{d_1} \cdot f \cdot \xi \cdot l_1\right) \right) \cdot \frac{d_1}{4 \cdot \xi \cdot f} + \left(1 - \exp\left(2f \cdot \xi \cdot \text{ctg} \alpha \cdot \ln\left(1 - 2 \sin \alpha \frac{l_2}{d_1}\right)\right) \right) \cdot \frac{d_1 + d_2}{8 \cdot \xi \cdot f \cdot \cos \alpha} + \frac{d_2}{4 \cdot \xi \cdot f} ; \quad (11)$$

где l — длина канала, (м);

l_1, l_2 — длина первого и второго участков канала, (м);

f — коэффициент внешнего трения;

ξ — коэффициент бокового давления;

d_1, d_2 — диаметры канала на первом и третьем участках, (м);

2α — угол при вершине конуса на втором участке канала, (град).

Максимальную часовую производительность гранулятора, автор работы определил исходя из скоростных режимов работы и геометрических параметров гранулятора:

$$Q_{\max} = 120 \cdot \pi \cdot z \cdot n_{\max} \cdot \rho_{нас} \cdot R \cdot (r_n^2 - r_{вн}^2) \cdot \sin^2\left(\frac{\alpha_\phi}{2}\right) \cdot C_M ; \quad (12)$$

где z — количество формующих роликов, (шт);

n_{\max} — предельная скорость вращения вала, (об/мин);

$\rho_{нас}$ — насыпная плотность материала, (кг/м³);

R — радиус формующего ролика, (м);

$r_n, r_{вн}$ — радиусы поверхности матрицы, описываемые наружным и внутренним торцами ролика соответственно, (м);

α_ϕ — угол формования, (град);

C_M — константа, учитывающая реологическое состояние перерабатываемого вещества (определяется экспериментально).

В исследованиях формирования древесных опилок, проводимыми Федоренчиком А. С. и Гайдукевичем Д. М. [8], для определения распределения давления по глубине x в самой фильере (рис. 4), рассматривалось равновесие элементарного слоя между двумя текущими сечениями x и $x+dx$, на которые действуют нормальные давления $P(x)$ и $P(x+dx)$, а равновесие достигается за счет сил трения, возникающего на боковой поверхности площадки $P D dx$. В результате из уравнения баланса было получено распределение:

$$P(x) = P'_{i\delta} \cdot l \cdot x \cdot P\left(\frac{4f \cdot \mu}{D} x\right); \quad (13)$$

где $P'_{i\delta}$ — отношение предельного давления к атмосферному;

- l — длина цилиндрической части фильеры, (м);
- x — глубина распределения давления по фильере, (м);
- f — коэффициент трения;
- μ — модуль Пуассона для спрессованного материала;
- D — диаметр цилиндрической части фильеры, (м).

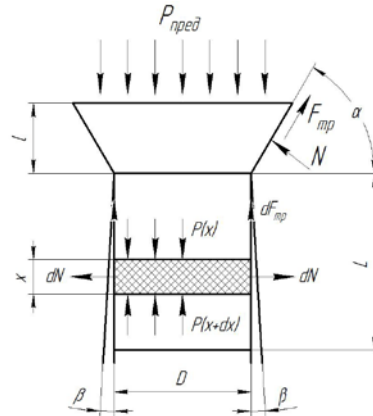


Рис. 4. Движение материала по каналу фильеры

Критерий отсутствия заклинивания, при выполнении которого спрессованный материал будет выдавливаться из фильеры, авторы выражают зависимостью:

$$\sigma > \frac{4f \cdot \mu}{\ln P'_{i\delta}}; \tag{14}$$

- где $P'_{i\delta}$ — отношение предельного давления к атмосферному;
- f — коэффициент трения;
- μ — модуль Пуассона для спрессованного материала.
- Углы α и β (рис. 4) так же должны удовлетворять условию:

$$\operatorname{tg}\beta \cong \frac{P'_{i\delta} \cdot \mu}{2E}, \quad \alpha > \beta; \tag{15}$$

- где $P'_{i\delta}$ — отношение предельного давления к атмосферному;
- μ — модуль Пуассона для спрессованного материала;
- E — модуль Юнга для спрессованного материала.

Ковриков И. Т. и Кириленко А. С. в своих исследованиях [4] определяют производительность гранулятора зависимостью:

$$Q = \rho_B \cdot q \cdot Q_\phi; \tag{16}$$

- где ρ_B — плотность продукта в зоне выдавливания из фильеры матрицы, (кг/м³);
- q — число прессующих роликов, (шт);
- Q_ϕ — расход материала через фильеры матрицы, (кг/м³).

При анализе приведённых выше уравнений и зависимостей можно сделать вывод о том, что при проектировании новых грануляторов экструзионного типа с плоской матрицей необходимо учитывать не только общие закономерности процесса экструдирования, но и конструктивные особенности проектируемого агрегата. Помимо этого особое внимание необходимо уделять физико-механическим и реологическим характеристикам исходных материалов и полученных из этих материалов шихт и паст.

Литература:

1. Булатов, И. А. Разработка процесса прессового гранулирования мелкодисперсных сред на примере минеральных порошков и древесных отходов [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук/И. А. Булатов. — Москва, 2012—17 с.;
2. Ветюгов, А. В. Совершенствование процесса гранулирования тонкодисперсных керамических порошков [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук/А. В. Ветюгов. — Иваново: Изд-во ФГБОУ ВПО «ИГХТУ», 2013—16 с., с ил.;

3. Глебов, Л. А. Технологическое оборудование предприятий отрасли (зерноперерабатывающие предприятия): Учебник [Текст]/Л. А. Глебов, А. Б. Демский, В. Ф. Веденьев, М. М. Темиров, Ю. М. Огурцов, 2006. — 817 с., с ил.;
4. Ковриков, И. Т. Математическое моделирование рабочего процесса в вальцово-матричном пресс-грануляторе с торцевым ограничением клиновидного пространства [Текст]/И. Т. Ковриков, А. С. Кириленко // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ, № 75, 2012;
5. Кучинская, З. М. Оборудование для сушки, гранулирования и брикетирования кормов [Текст]/З. М. Кучинская, В. И. Особов, Ю. Л. Фрегер. — М.: Агропромиздат, 1988. — 208 с., с ил.;
6. Мельников, С. В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм: Учеб. пособие высш. учебн. заведений [Текст]/С. В. Мельников. — Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1978. — 560 с., с ил.;
7. Севостьянов, М. В. Пресс-валковый экструдер для формования техногенных порошкообразных материалов [Текст]: Канд. дисс. Белгород, 2006—250 с., с ил.;
8. Федоренчик, А. С. Определение параметров оборудования для производства пеллет [Текст]/А. С. Федоренчик, Д. М. Гайдукевич // VIII Международный евразийский симпозиум «Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века». Екатеринбург. — 2013.

Автоматическое планирование в гибких производственных системах: подход, основанный на использовании базы знаний

Патраков Евгений Сергеевич, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Рассматриваются вопросы организации планирования работ в условиях гибких производственных систем (ГПС), когда во внимание должны приниматься как мультипроцессная исполнительная среда, так и динамическое изменение состояния отдельных подсистем ГПС.

В общем случае в результате работы подсистемы планирования формируется последовательность действий («план»), выполнение которой исполнительными процессорными элементами приводит к достижению желаемых целей. Задача подсистемы планирования заключается, в частности, в том, чтобы сгенерированный план привел бы к реализации согласованных действий всех исполнительных подсистем ГПС (станков с ЧПУ, роботов, управляющих ЭВМ и т. д.). Указанная задача должна решаться при условиях, обеспечивающих максимально эффективное выполнение производственных операций в конкретной ГПС (распараллеливание операций, повышение коэффициента использования оборудования и т. д.); минимизацию времени, необходимого как для выполнения отдельных технологических операций, так и для изготовления готового изделия; возможность рассмотрения альтернативных вариантов плана и его пересмотра при выявлении «узких мест».

Подобно ГПС гибкая производственная ячейка представляет собой относительно замкнутый модуль интегрированной автоматизированной производственной системы. Задача планирования на уровне такой ячейки может быть сформулирована следующим образом:

Предполагается, что задано общее число деталей, которые должны быть обработаны в данной ячейке, содержащей фиксированное число обрабатывающих машин.

Каждая деталь требует для своей обработки выполнения определенной последовательности операций. Так как эффективность реализации отдельных операций различными машинами различна, то для каждой детали выбирается маршрут, обеспечивающий в каждый момент возможность ее обработки на максимальном числе свободных машин. Целью планирования является составление одновременно реализуемых маршрутов движения всех N деталей при условиях минимизации времени завершения всех требуемых операций и отсутствия конфликтов, связанных с назначением двух деталей для обработки на одну машину.

Проблема упорядочения в условиях гибкой производственной ячейки характеризуется следующим:

- 1) отдельные работы состоят из линейно упорядоченных последовательностей операций;
- 2) любая операция может выполняться несколькими машинами, но с различными значениями интервала времени выполнения;
- 3) любая машина в каждый момент времени может выполнять только одну операцию.

Использование при планировании базы знаний связано с выделением трех информационных уровней: данных, базы знаний и управления (в известных системах традиционного типа выделяются два уровня — данных и программ.

На уровне данных хранятся декларативные знания о целях, текущем состоянии окружающей среды и промежуточном плане. На уровне базы знаний — информация, специфицирующая конкретную прикладную область. Используемые знания позволяют моделировать действия «внешнего мира». На уровне управления хранятся знания о стратегии, используемой при формировании планов действий (то есть о том, когда и как применять конкретные действия-операторы).

В любой задаче планирования начальные условия, определяющие исходное состояние системы, и условия, характеризующие конечную цель, рассматриваются как определенные состояния (элементы) модели «внешнего мира». В соответствии с этим система планирования формирует последовательность действий, переводящих модель из начального состояния в состояние, отвечающее

целевым условиям. На рисунке показаны три основные компонента системы планирования ГПС:

На рисунке представлены:

1) модель мира, описываемая набором предикатов 1-го порядка хранящихся в базе данных. Элементы этой базы называются состояниями модели мира.

2) модель действий, описывающая изменение состояния модели мира при выполнении определенных действий. Преобразования состояний задаются операторами. Оператор содержит в себе определения: имени действия, предусловия, список добавлений, список удалений, ресурс и длительность.

3) ядро системы вывода, являющееся генератором планов, осуществляет выбор последовательности операторов, обеспечивающих переход из начального состояния в целевое.



Отмечается, что линейные планы могут генерироваться любой системой, в которой используется метод обратного просмотра, обеспечивающий движение от цели к начальным условиям с выбором соответствующих промежуточных состояний и последовательностей действий, отвечающих таким переходам. В этом случае процесс генерации плана может рассматриваться как поиск пути от корня (цели) к листьям (начальным условиям) на дереве состояний модели мира.

Поскольку в случае реальных производственных процессов существует зависимость между задачами обработки отдельных деталей, то система планирования должна учитывать эту зависимость при составлении эффективного плана (то есть плана, не приводящего к конфликтам при использовании отдельных ресурсов в ходе производственного цикла ГПС). В этом случае обычно осуществляется «нелинейное планирование», при ко-

тором генерируемые планы оказываются частично упорядоченными.

Схема составления нелинейного плана для гибкой ячейки включает следующие шаги:

1. Формирование линейно упорядоченного плана (последовательности шагов) для выполнения каждой задачи.
2. Выявление существенных (для процесса выполнения задач) связей между запланированными шагами.
3. Устранение конфликтов путем учета ограничений предшествования на порядок следования отдельных шагов.
4. Выявление альтернативных шагов планирования, позволяющих улучшить показатели производительности системы.

Предлагаемый механизм обладает рядом особенностей, позволяющих считать его весьма полезным при составлении и контроле планов в условиях ГПС: во-первых,

его работа непосредственно определяется целью, сформулированной пользователем; во-вторых, его работа может корректироваться динамически (в частности, допустимо изменение плана при возникновении непредвиденных событий и т. д.).

Предложен алгоритм, предназначенный для формирования планов по разработанному методу, с динамическим выявлением отношений предшествования между любыми конфликтными действиями. В качестве основного принципа работы алгоритма принят следующий: ограничения предшествования должны вводиться только тогда, когда это абсолютно необходимо. Это позволяет обеспечить максимальный параллелизм при реализации операций, относящихся к выполнению отдельных задач. В статье приведена блок-схема алгоритма.

В качестве четвертого шага разработанного метода применяется стратегия, включающая следующие этапы:

1. Выявление ресурса, который необходим рассматриваемой работе (задаче) для ее успешного выполнения.
2. Локализация раздела плана, в котором используется найденный ресурс.
3. Сравнение времени ожидания данного ресурса при выполнении задачи на рассматриваемой машине с дополнительным временем обработки при передаче задачи на альтернативную пустующую машину.
4. Нахождение начального и конечного (целевого) условий выполнения найденного раздела плана.
5. Генерация плана, обеспечивающего преобразование найденных начальных условий в целевые путем использования имеющегося свободного ресурса (машины).
6. Замена выделенного раздела исходного плана на план, найденный в пункте 5.

Если все работы упорядочены в соответствии со своими приоритетами, то список событий должен рассматриваться как очередь с приоритетами. При этом в каждый момент времени любому запланированному действию соответствует целое число, равное приоритету работы, к выполнению которой относится это действие. В этом случае (при прочих равных условиях) свободный ресурс всегда назначается работе (действию) с наивысшим приоритетом. Сами приоритеты либо назначаются заранее, либо опре-

деляются в зависимости от условий выполнения работ (в частности, приоритет работы может определяться срочностью ее исполнения, соответствием расчетного времени окончания работы времени, требуемому при постановке задачи и т. д.).

В ГПС работы поступают в каждую ячейку динамически. Отмечается что в этом случае предложенный подход, основанный на использовании базы знаний, работает лучше всего. Это объясняется структурностью используемых представлений знаний о модели «внешнего мира»; возможностью разрешения конфликтов в процессе автоматического вывода плана. Все изменения в системе находят соответствующее отражение в базе знаний. В частности, поступление новых работ приводит к инициации следующих процедур;

1. Формирование планов выполнения новых работ с учетом работ и машин, имеющихся в текущий момент.
2. Использование схемы разрешения конфликтов для согласования действий, требуемых для выполнения новых работ, и действий для оставшихся неоконченными старых работ.
3. Улучшение модифицированного плана с помощью стратегии «пересмотра плана».

Динамический контроль плана является одним из основных преимуществ предложенного подхода.

Интегрированные автоматизированные производственные системы содержат набор гибких производственных ячеек, каждая из которых выполняет определенные функции обработки. Описанные в данной работе механизмы планирования реализуются в каждой ячейке с помощью главной управляющей ЭВМ этой ячейки. Для интегрированной системы приведенные механизмы составляют второй уровень общей системы планирования. Первый уровень связан с планированием и распределением работ по отдельным ячейкам с учетом индивидуальных особенностей отдельных ячеек.

Представляется возможным создание единой системы планирования работ в интегрированных производственных системах на основе использования локальных вычислительных сетей и распределенных баз данных и знаний.

Литература:

1. Поезжаева, Е. В. Промышленные роботы: учеб. пособие: в 3 ч. — Пермь: Изд-во Перм. гос. тех. ун-та, 2009. — Ч. 2. — 185 с. 2.
2. Поезжаева, Е. В., Васенин А. С., Шумков А. Г. Роботизация фермерских хозяйств по обработке растений / Е. В. Поезжаева, А. С. Васенин, А. Г. Шумков // Научно-технический журнал «Вестник» ВСГУТУ. — 2014 — Вып. 3 — с. 59–62

Новые алгоритмы для многозвенных рук роботов

Патраков Евгений Сергеевич, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

При автоматизации и роботизации производства приходится определять возможность перемещения в пространстве предметов при наличии различных ограничений и решать проблему оптимального перемещения предметов.

Рука робота состоит из n отрезков прямых, т. е. звеньев произвольной конечной длины каждое, движущихся в евклидовой плоскости (рисунок 1). На рисунке 1 обозначено: 1 — плечо; 2 — шарнирные углы; 3 — кисть. По всей длине руки эти звенья соединены поворотными шарнирами. Один конец руки (плечо) зафиксирован, но может свободно вращаться. Другой конец руки (кисть) полностью свободен.

Все шарнирные связи, включая плечо и кисть, обозначены A_0, A_1, \dots, A_n . Звено между A_{i-1} и A_i обозначается L_i , а его длина l_i . Шарнирный угол между $A_i, i > 0$ — это угол между звеньями L_i и L_{i+1} , а угол A_0 — это угол звена L_1 с горизонталью. Каждый шарнир все время должен находиться в пределах окружности C с центром O и радиусом r . Конфигурация руки задается положениями всех ее со-

единений. Переход от данной начальной конфигурации Γ_0 к конечной конфигурации Γ_f возможен в том случае, если траектория перемещения руки в Γ_f позволяет всем шарнирным углам изменяться с произвольными независимыми скоростями.

Рука имеет нормальную форму, если каждое соединение находится как можно ближе к C (рисунок 2). Часть руки от A_i до A_n называется «конечностью» шарнира A_i . Эта конечность имеет нормальную форму, если нормальную форму имеет часть руки A_i, \dots, A_n . Звено L_i имеет левую или правую ориентацию, если центр окружности C лежит слева или справа от линии $A_i - A_{i-1}$. Если L_i лежит на любом диаметре окружности, то звено L_i имеет обе (левую и правую) ориентации. Переориентирование звена L_i означает такое перемещение руки, при котором звено начинает менять свою существующую в данный момент ориентацию. Другими словами, переориентирование L_i означает перемещение руки к такой конфигурации, при которой звено оказывается на диаметре окружности.

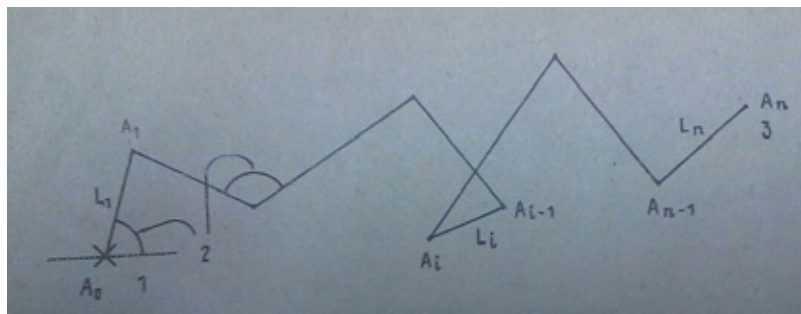


Рис. 1.

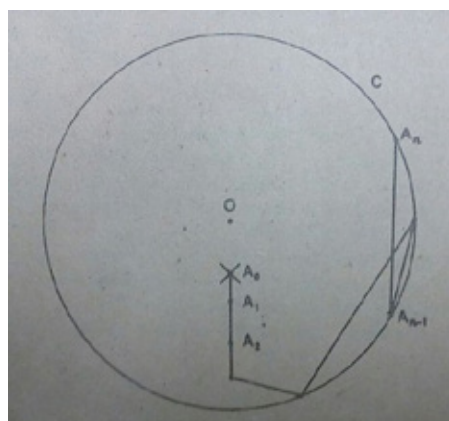


Рис. 2.

Величины c_i и d_i означают минимальное и максимальное расстояние от C , на которых может находиться A_i .

Общий метод быстрой реконфигурации руки может позволить произвести групповое, а не индивидуальное переориентирование звеньев, у которых отличаются ориентации Γ_0 и Γ_f . Можно допустить, что A_0 не лежит в центре O окружности, так как, если бы A_0 находилось в центре, то реконфигурацию руки можно было бы начать с вращения относительно A_0 , пока A_1 не займет своего предельного положения. Следовательно, конечность A_i может рассматриваться как рука робота с $(n-1)$ звеном, изменяющая конфигурацию от плеча A_1 , не лежащего в центре.

Алгоритм перемещения руки в пределах окружности из конфигурации Γ_0 в достижимую конфигурацию Γ_f состоит из трех шагов.

Шаг 1. Привести руку Γ_0 к нормальному виду. Рассчитать последовательность перемещений, необходимых для достижения нормальной формы.

Шаг 2. Переместить руку Γ_n в Γ_n' .

Шаг 3. Используя обратную последовательность перемещений, необходимых для перехода из Γ_f в Γ_n , переместить руку в Γ_f .

Пусть $z = \{L_i\}$, ориентация L_i в Γ_n и Γ_n' отличаются друг от друга. Один способ изменения Γ_n на Γ_n' заключается в перекосе каждого звена в z на диаметр и в изменении ориентации обратной последовательности перемещений. Это может потребовать $O(n)$ перемещений для каждого звена в z , приводя в результате к $O(n^2)$ перемещениям. Этот результат был улучшен путем расчета подмножества z так, что когда звенья этого подмножества переносятся к некоторым диаметрам, то каждый элемент из z подходит к диаметру по крайней мере один раз, но не более двух раз.

Исследование переноса звена L_i из любого подмножества z к диаметру окружности позволило установить, что для любого L_i из z существуют такие числа x_{i-1} и x_i , при которых соблюдаются условия:

- 1) $c_{i-1} \leq x_{i-1} \leq d_{i-1}, c_i \leq x_i \leq d_i$;
- 2) $2r - x_{i-1} - x_i = l_i$ или $|x_{i-1} - x_i| = l_i$.

Всякий раз, когда шарниры A_{i-1} и A_i находятся на расстоянии соответственно x_{i-1} и x_i от центра окружности C , то L_i должно лежать на диаметре.

Можно сказать, что каждый шарнир будет находиться от C на расстоянии между c_i и d_i включительно. Когда шарниры оказываются на таких расстояниях от C , несколько шарниров, смежных с L_i , будут находиться на диаметре (рисунок 3). Звенья с меньшим значением индекса называются передним покрытием (F_i), а с большим значением индекса — задним покрытием (B_i). К заднему покрытию для L_i могут быть отнесены звенья, которые лежат на диаметре, когда конечность от A_i имеет нормальную форму.

Перемещение руки к конфигурации Γ_n , соответствующей положению A_{i-1} в x_{i-1} и A_i в x_i , начинается от конфигурации Γ_n . Пусть A_u обозначает шарнир с наименьшим индексом в F_i , а A_v — шарнир с наибольшим индексом в B_i . Шарнир A_u может поворачиваться относительно фиксированного A_{u-1} , пока не окажется на расстоянии $\Delta_i(A_u)$ от C , удерживая конечность от A_u все время в нормальной форме (рисунок 4). Следующее движение произойдет, когда шарнир отойдет от окружности C . Поскольку расстояние между A_u и C монотонно возрастает, то каждый шарнир отходит от C только один раз. Во время каждого движения одновременно перемещаются не более четырех звеньев. На рисунке 4, например, перемещаются только помеченные точки.

Затем аналогично, как для A_u , происходит поворот в шарнирах A_{u+1}, \dots, A_i . По окончании этой процедуры шарнир в заднем покрытии автоматически оказываются на требуемых расстояниях, так как конечность для A_i удерживалась в нормальной форме. Поскольку в требуемые позиции могут поворачиваться только $|F_i|+1$ шарниров и только $|F_i|+|B_i|+2$ шарниров отходят за все время движения от C , можно сделать вывод, что необходимо только $O(|F_i|+|B_i|+1)$ движений и столько же этапов вычислений.

Вернем теперь руку к нормальной форме, в которой L_i и звенья в покрытиях ориентированы как в Γ_n' . Не имеет значения, что звенья в $\{L_i\} \cup F_i \cup B_i$ располагаются на диаметре: можно подобрать подходящую модификацию, ко-

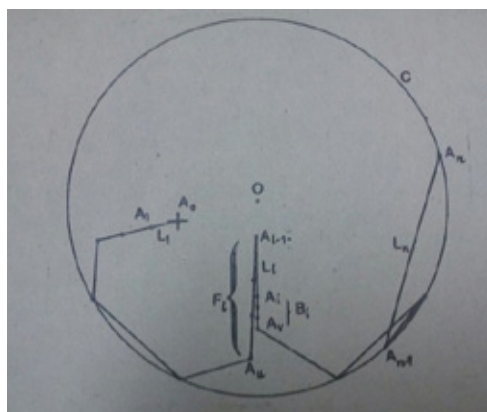


Рис. 3.

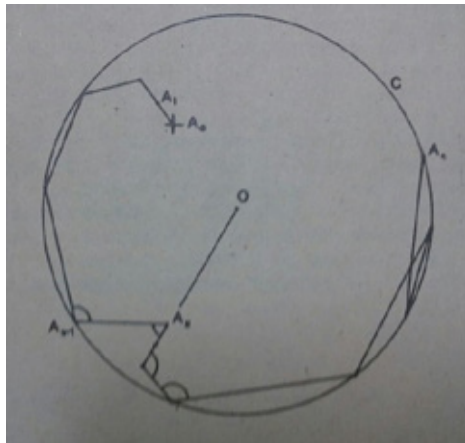


Рис. 4.

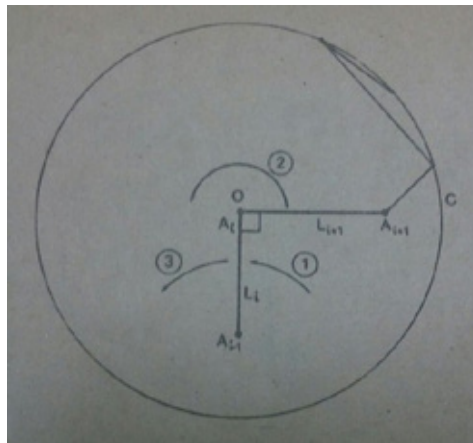


Рис. 5.

торая обратна последовательности перемещений, использованных для приведения L_i к диаметру.

Единственной проблемой для реверсирования является возможность нахождения A_{i-1} или A_i в центре O для конфигурации Γ_d . Для упрощения предположим, что это A_i (рисунок 5) и $I_{i+1} \leq g$. Тогда необходимо A_i повернуть относительно A_{i-1} в направлении, противоположном тому, из которого A_i пришло. Чтобы это осуществить, сначала A_i фиксируется в O , а затем конечность для A_i , сохраняя жесткость, поворачивается на 180° .

Предположим теперь, что во время $O(n)$ вычисляется подмножество z^* множества z так, что каждый элемент из z

принадлежит z^* либо находится в переднем или заднем покрытии элемента из z^* , но никогда не находится в двух передних или задних покрытиях. Используя описанную выше процедуру, каждый элемент из z^* приводится к диаметру и достигается конфигурация Γ_n' . Общее число перемещений и общее время вычислений равны $\sum_k (|F_i| + |B_i| + 1)$ каждое, где k — это некоторая константа, суммирование проводится по индексам элементов z^* . Эта сумма равна $O(n)$.

Поскольку Шаги 1 и 3 также требуют $O(n)$ перемещений и $O(n)$ времени вычислений, на полную реконфигурацию руки потребуется только $O(n)$ перемещений и $O(n)$ времени вычислений.

Литература:

1. Поезжаева, Е. В. Промышленные роботы: учеб. пособие: в 3 ч. — Пермь: Изд-во Перм. гос. тех. ун-та, 2009. — Ч. 2. — 185 с. 2.
2. Козырев, Ю. Г. Применение промышленных роботов. Изд-во М.: КноРус, 2011.

Автоматизация оценки эффективности захвата двупалым охватом

Патраков Евгений Сергеевич, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

При применении во многих прикладных областях робот должен оперировать различными объектами, положение и ориентация которых заранее неизвестны. В этих случаях захват объекта будет более или менее успешным в зависимости от расположения пальцев схвата на его поверхности. Поэтому важно располагать автоматическим методом оценки того, насколько удачным оказался захват объекта при данном расположении пальцев схвата.

Предлагаю метод оценки эффективности захвата, который использует модель взаимодействия схвата и объекта. Метод основан на вычислении критического значения коэффициента трения, который требуется для удержания объекта в схвате без проскальзывания при заданных внешних силах. При оценивании эффективности захвата используется тот факт, что чем меньше критический коэффициент трения, тем лучше организован захват объекта.

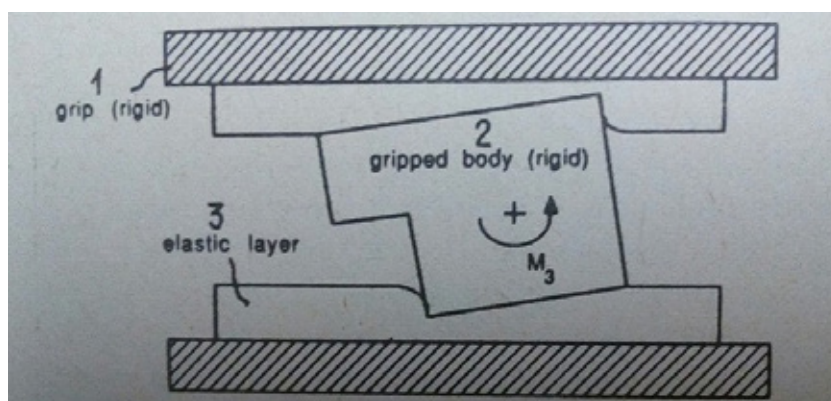


Рис. 1.

Рассматривается двупалый схват, изображенный на рисунке 1, где обозначено: 1 — схват (жесткий); 2 — объект захвата (жесткий); 3 — эластичный слой. Рабочая поверхность пальцев схвата покрыта слоем эластичного материала, например, резиной. Предполагается, что толщина этого слоя пропорциональна локальному давлению, возникающему при контакте пальца с объектом. Жесткость схвата и объекта существенно превышает жесткость эластичного слоя и может считаться абсолютной. В этих предположениях распределение давления по поверхности контакта определяется деформацией эластичного слоя. Если поверхности захватываемого объекта, приходящие в контакт с пальцами, параллельны друг другу, то давление на эластичный слой распределяется для обоих пальцев по линейным законам, в которых коэффициенты равны по абсолютной величине и противоположны по знаку. Пусть x_1 и x_2 — координаты плоскости, параллельной поверхности пальцев. Тогда давление для пальцев I и II выражается формулами

$$p_I = a_{I0} + a_1 x_1 + a_2 x_2, \tag{1}$$

$$p_{II} = a_{II0} - a_1 x_1 - a_2 x_2. \tag{2}$$

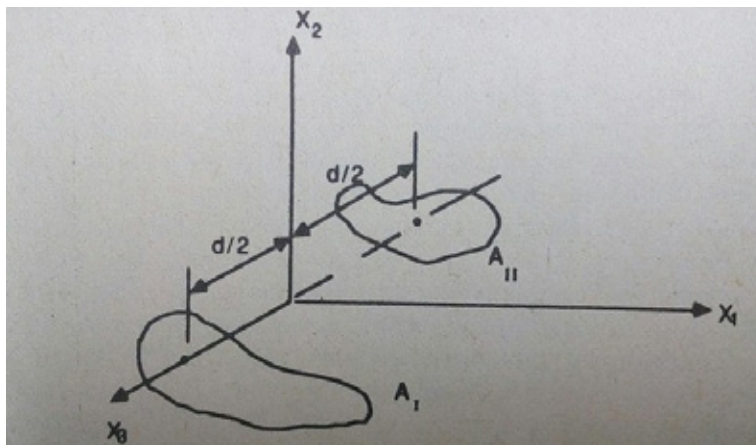


Рис. 2.

Если хват не удерживает объект в равновесии, то возникает проскальзывание объекта в хвате. Величина силы трения в каждой точке поверхности контакта равна $\mu_s p_I$ или $\mu_s p_{II}$, где μ_s — коэффициент трения.

В начальный момент проскальзывания движение объекта относительно каждого пальца схвата представляет собой вращение вокруг оси, перпендикулярно поверхности контакта и пересекающей эту поверхность в точке с координатами c_1 и c_2 . Если бы координаты c_1 и c_2 были известны, то было бы известно направление проскальзывания в КАЖДОЙ точке поверхности контакта. Таким образом, сила трения в каждой точке была бы определена и по направлению, так как она направлена противоположно проскальзыванию. Поэтому для определения критических условий, при которых хват удерживает объект без проскальзывания, необходимо определить семь параметров: $c_1, c_2, a_{I0}, a_{II0}, a_1, a_2, \mu_s$.

Для определения перечисленных параметров следует составить семь независимых уравнений, в которые эти параметры входили бы как неизвестные.

Для составления таких уравнений вводится система координат $x_1 x_2 x_3$, как показано на рисунке 2. Здесь A_I, A_{II} — поверхности контакта, лежащие в плоскостях $x_3 = d/2, x_3 = -d/2$.

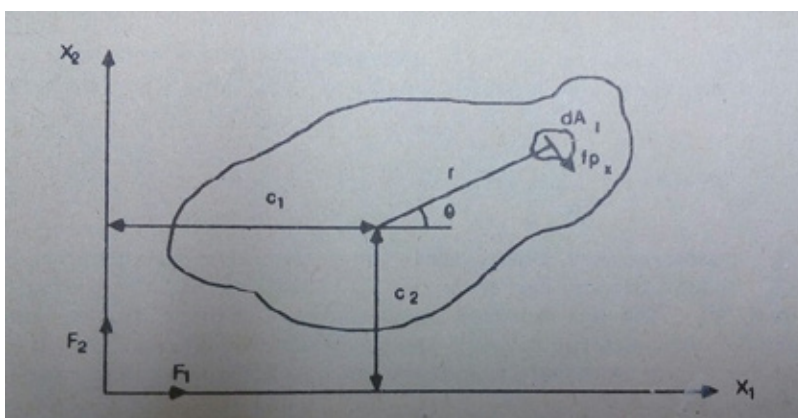


Рис. 3.

На рисунке 3 изображены внешние силы F_1, F_2 и момент M_3 , действующие в плоскости контакта пальца I на объект, а также сила трения, действующая на элемент площади dA_I . Предполагается, что в начальный момент времени вращение объекта относительно поверхности A_I происходит против часовой стрелки. Суммирование сил по направлениям x_1, x_2 порождает равенства:

$$F_1 + \int_{A_I} \mu p_I \sin \theta dA_I + \int_{A_{II}} \mu p_{II} \sin \theta dA_{II} = 0, \tag{3}$$

$$F_2 - \int_{A_I} \mu p_I \cos \theta dA_I - \int_{A_{II}} \mu p_{II} \cos \theta dA_{II} = 0. \tag{4}$$

Сумма моментов относительно оси, параллельной оси x_3 и проходящей через (c_1, c_2) , выражается формулой

$$M_3 + F_1 c_2 - F_2 c_1 - \int_{A_I} \mu p_I r dA_I - \int_{A_{II}} \mu p_{II} r dA_{II} = 0. \tag{5}$$

При наличии внешних сил, не лежащих в плоскостях контакта, суммы моментов относительно осей x_1, x_2 выражаются в виде

$$M_1 + \left\{ \int_{A_I} \mu p_I \cos \theta dA_I - \int_{A_{II}} \mu p_{II} \cos \theta dA_{II} \right\} d/2 - \int_{A_I} p_I x_2 dA_I - \int_{A_{II}} p_{II} x_2 dA_{II} = 0, \tag{6}$$

$$M_2 + \left\{ \int_{A_I} \mu p_I \sin \theta dA_I - \int_{A_{II}} \mu p_{II} \sin \theta dA_{II} \right\} d/2 - \int_{A_I} p_I x_1 dA_I - \int_{A_{II}} p_{II} x_1 dA_{II} = 0, \tag{7}$$

где M_1, M_2 — внешние моменты, действующие относительно осей x_1, x_2 . Суммирование сил, действующих вдоль x_3 , дает еще одно уравнение

$$F_3 - \int_{A_I} p_I dA_I + \int_{A_{II}} p_{II} dA_{II} = 0, \tag{8}$$

где F_3 — внешняя сила, действующая вдоль оси x_3 . При отсутствии силы F_3 последние два слагаемых в (8) равны между собой. Они определяют силу F_n , которая является характеристикой схвата, так как выражает усилия, развиваемые схватом при фиксации им объекта. Для каждого схвата F_n должна быть известной величиной. Отсюда возникает уравнение

$$2F_n = \int_{A_I} p_I dA_I + \int_{A_{II}} p_{II} dA_{II} = 0, \tag{9}$$

После подстановки в (3–9) выражений (1,2) для p_I, p_{II} возникает искомая система из семи уравнений от семи известных. Эти уравнения зависят от c_1, c_2 нелинейно и не могут быть решены алгебраическими методами. Предлагаю следующий способ решения уравнений (3–9). Формируется критерий отклонения, достигающий своего минимума при тех значениях переменных $c_1, c_2, a_{10}, a_{II0}, a_1, a_2, \mu_s$, которые доставляют решение уравнениям (3–9). Применение методов поиска минимума к функции, выражающей критерий отклонения, позволяет получить решение уравнений (3–9) неявным образом.

Для построения критерия отклонения уравнения (3–9) приводятся к виду

$$\mu_s = \frac{F_n}{h_4} = \frac{F_1}{\int_{A_I} p_I \sin \theta dA_I + \int_{A_{II}} p_{II} \sin \theta dA_{II}} = \frac{g_4}{h_4}, \tag{10}$$

$$\mu_s = \frac{F_2}{h_5} = \frac{g_5}{h_5}, \tag{11}$$

$$\mu_s = \frac{M_3}{h_3} + \frac{F_1 c_2 - F_2 c_1}{h_3} = \frac{g_3}{h_3}, \tag{12}$$

$$\mu_s = \frac{M_1}{h_1} = \frac{\int_{A_I} p_I x_2 dA_I - \int_{A_{II}} p_{II} x_2 dA_{II}}{h_1} = \frac{g_1}{h_1}, \tag{13}$$

$$\mu_s = \frac{M_2 + \int_{A_I} p_I x_1 dA_I - \int_{A_{II}} p_{II} x_1 dA_{II}}{h_2} = \frac{g_2}{h_2}, \tag{14}$$

$$1 = \frac{F_3}{h_6} = \frac{g_6}{h_6}, \tag{15}$$

$$1 = \frac{2F_n}{h_7} = \frac{g_7}{h_7}. \tag{16}$$

Из (10–16) можно сформировать следующий критерий отклонения

$$E = \sum_{i=1}^6 k_i e_i, \tag{17}$$

Где k_i — весовые коэффициенты, а e_i — определяются формулами

$$e_i = \begin{cases} (g_i h_{i+1} - g_{i+1} h_i)^2, & i = 1, \dots, 4 \\ (g_{i+1} - h_{i+1})^2, & i = 5, 6 \dots \end{cases} \tag{18}$$

Для отыскания значений переменных, доставляющих минимум критерию (17), использовал методов сопряженных направлений. Основанный на этом методе алгоритм решения уравнений (3–9) реализован на ЭВМ.

Эффективность захвата объекта обратно пропорциональна критическому коэффициенту трения μ_s , который находится из решения уравнений (3–9). Однако при построении функции, дающей оценку эффективности захвата, следует учитывать также относительное положение и ориентацию схвата и объекта в момент фиксации объекта. Поэтому окончательно оценивать эффективность захвата предлагаю по формуле

$$\left(\frac{k_1}{\mu_s}\right) + k_2 a,$$

где a — параметр, характеризующий степень совпадения ориентации поверхностей пальцев и объекта.

Литература:

1. Поезжаева, Е. В. Промышленные роботы: учеб. пособие: в 3 ч. — Пермь: Изд-во Перм. гос. тех. ун-та, 2009. — Ч. 2. — 185 с. 2.
2. Поезжаева, Е. В., Васенин А. С., Шумков А. Г. Роботизация фермерских хозяйств по обработке растений/Е. В. Поезжаева, А. С. Васенин, А. Г. Шумков // Научно-технический журнал «Вестник» ВСГУТУ. — 2014 — Вып. 3 — с. 59–62
3. Козырев, Ю. Г. Применение промышленных роботов. Изд-во: М.: КноРус, 2011.

Изменение содержания азотистых веществ мяса при тепловой обработке

Пулатов Алишер Саиджамалович, кандидат технических наук, доцент;

Сарибаева Дилором Акрамжановна, старший преподаватель;

Ёкубжонова Ёкутхон, ассистент

Наманганский инженерно-педагогический институт (Узбекистан)

Различные способы тепловой обработки (жаренье, варка, тушение и др.) мяса приводит к специфическим и физико-химическим изменениям его составных компонентов, а также к изменению их биологических свойств. В процессе нагревания мясо приобретает новые ароматические и вкусовые качества и в конечном счете лучше усваивается организмом.

При нагревании происходит в некоторой степени гидролитический распад белков мышечной ткани, который приводит к изменению содержания азотистых веществ в мясе баранины. Для определения изменений качественных показателей в мясных крупнокусковых полуфабрикатах, подвергнутых тепловой обработке (варке, жарении, тушении), нами были исследованы основные формы азота в сыром и готовом мясе. Определяли общий азот, белковый азот, азот соединительнотканых белков (эластин, коллаген) и небелковый азот (экстрактивные вещества) и сумму креатина и креатинина во всех образцах полуфабрикатов и кулинарных изделиях из них.

По данным наших исследований, резкого различия по содержанию основных азотистых веществ в различных частях туши баранины не выявлено за исключением полуфабриката грудинки, в котором процент общего азота был наименьшим, за счет высокого содержания жира в данной части. Следует указать, что при тепловой обработке мяса при приготовлении узбекских блюд (шурпа, плов, шашлык, казан-кебаб, люля-кебаб) традиционными способами (варка, тушение, жарка на жаровне, жарение) наблюдаются существенные изменения содержания общего азота, соответственно, по каждой частям полуфабрикатов (окорок, лопатка, грудинка, котлетное мясо и корейка). Изменение общего азота в мясе при кулинарной обработке связано с потерей и изменением содержания основных фракций азота. В зависимости от способов тепловой обработки были установлены следующие изменения общего азота: в процессе жарения на жаровне (шашлык и люля-кебаб) происходит значительная потеря

последнего, что определяется обильным выделением мясного сока, в составе которого имеются экстрактивные вещества, во внешнюю среду, что понижает процентное содержание небелкового азота. Установленные потери общего азота мясом изменялись от 6,62 до 8,10% к содержанию его в исходно продукте.

Значительные изменения содержания общего азота установлено в процессе жаренья (казан кебаб) — до 7,03%. Менее изменялось содержание азота в процессах тушения (плов) и варке (шурпа).

Из данных таблицы наибольшие потери белкового азота от 5,6 до 7,03% к содержанию в сыром мясе были выявлены в процессе жаренья мясных изделий на жаровне, что связано с влиянием высокой температуры при тепловой обработке продукта — около 200–250°С, которая сопровождается более глубокой деструкцией белков мяса, чем при других способах кулинарной обработки, при которых изменения содержания белкового азота в мясе были меньше. Лучше сохраняются белки мяса в процессе тушения (плов), что определяется влиянием сравнительно невысокой температуры нагрева, при которой происходит в меньшей степени гидролитический распад белков мяса, чем в процессах жаренья на жаровне.

Изменение содержания экстрактивных веществ в мясе

В результате воздействия тепла происходит процесс денатурации и дегидратации белков мяса. Это приводит к выделению из мяса сока, в составе которого содержатся экстрактивные вещества, растворимые в воде и придающие ему характерные вкусовые свойства. Чувствительность экстрактивных веществ мяса к нагреванию различна, более устойчивыми являются карнозин, молочная кислота, холин, которые распадаются всего на 10–15% при тепловой обработке (П. Е. Павловский, В. В. Пальмин, 1975).

Таблица 1. Изменение азотистых веществ в мясе баранины при тепловой обработке, %

Наименование полуфабрикатов и блюд	Общий азот, %		Небелковый азот, %			Белковый азот, %			Потери общего азота % к содержанию в сыром мясе
	К массе мяса	К сухим веществам	К общему азоту	К массе	К сухим веществам	К общему азоту	К массе мяса	К сухим веществам	
1. Окорок (сырое)	3,27	8,95	10,70	0,35	0,96	89,30	2,92	8,00	8,10
Шашлык (вареное)	4,78	10,47	9,40	0,45	1,00	90,50	4,33	9,50	
2. Лопатка (сырое)	3,11	6,88	9,65	0,30	0,83	90,40	2,81	7,79	5,57
Плов узб. (тушен)	4,34	10,15	8,75	0,38	0,88	91,20	3,96	9,26	
3. Грудинка (сырое)	2,52	6,34	15,08	0,38	0,96	84,92	2,14	5,39	4,63
Шурпа (варен)	3,86	8,80	12,2	0,47	1,00	88,00	3,39	7,22	
4. Котлетное мясо (сырое) Люля кебаб (жарен)	3,02	8,55	10,60	0,32	0,91	89,40	2,70	7,65	6,62
	4,17	9,43	9,6	0,40	0,90	90,40	3,77	8,52	
5. корейка (сырое)	2,97	8,52	11,45	0,34	0,98	88,55	2,63	6,10	7,03
Казан кебаб	4,38	10,12	10,00	0,44	1,02	90,00	3,94	9,10	

Таблица 2. Изменение содержания небелкового азота в мясе при тепловой обработке

Способы тепловой обработки	Наименование полуфабрикатов	Содержание небелкового азота, % к сырому мясу		Потери в (%), к массе сырого мяса	Потери в (%), к исходному содержанию
		До тепловой обработки	После тепловой обработки		
Жаренье на жаровне	Шашлык (окорок)	0,35	0,28	0,07	19,1
Тушение	Плов (лопатка)	0,30	0,26	0,04	13,3
Варка	Шурпа (грудинка)	0,38	0,17	0,21	55,3
Жаренье на жаровне	Люля кебаб (котлетное мясо)	0,32	0,27	0,05	15,6
Жаренье	Казан кебаб (карейка)	0,34	0,22	0,12	35,3

При тепловой обработке исследуемых образцов мяса были установлены потери небелкового азота, которые приведены в таблице 2.

Из данных таблицы видно, что установленные потери небелкового азота в мясе при жарении на жаровне достигают от 15,6 до 19,1% и связаны с потерей мясного сока продуктом, в составе которого имеются экстрактивные вещества. В процессе жаренья потери мясом экстрактивных веществ составляют до 35,0% а при варке до 55,0%, что связано с переходом большого количества экстрактивных веществ мяса в бульон. При этом общие потери экстрактивных веществ в системе (мясо+бульон) были незначительные. В мясе содержится значительное количество креатина и креатинина, которые относятся к группе азотистых экстрактивных веществ и могут характеризовать содержание последних, в значительной степени обуславливающих вкус подвергнутого тепловой обработке мяса. Кроме общего количества небелкового азота опре-

деляли содержание производных гуанидина в различных полуфабрикатах из баранины до и после тепловой обработки, используя полученные данные для характеристики влияния тепловой обработки на изменения содержания креатина и креатинина в мясе и готовых изделиях. В таблице представлены результаты анализов содержания производных гуанидина в полуфабрикатах до тепловой обработки.

Из приведенных данных таблицы видно, что в отдельных крупнокусковых полуфабрикатах содержится разное количество общего креатинина. Большое содержание общего креатинина определено в окороке и лопаточной части. Количество креатинина в исследованных образцах колебалось в пределах от 0,015 до 0,035%, а количество креатина — от 0,27 до 0,5%.

В процессе тепловой обработки часть креатина превращается в креатинин. Наши исследования показали, что при различных способах тепловой обработки (жаренье,

Таблица 3. Содержание производных гуанидина в крупнокусковых полуфабрикатах из баранины

Наименование полуфабрикатов	Содержание, % к массе мяса		
	Общий креатинин	креатинин	Креатин
окорок	0,475	0,035	0,510
лопатка	0,378	0,015	0,421
грудинка	0,288	0,024	0,303
Котлетное мясо	0,308	0,028	0,327
корейка	0,296	0,025	0,314

варка, тушение) в мясе баранины наблюдаются различные изменения содержания креатинина в готовых кулинарных изделиях. По результатам проведенных анализов изменение содержания креатина и креатинина в мясе, в зависимости от указанных способов тепловой обработки, было различное.

При жареньи мяса (шашлык узбекский, окорок, люля кебаб, котлетное мясо), намного интенсивнее происходит процесс расщепления креатинина и его частичная потеря мясом с выделяющимся соком, особенно в начальной стадии тепловой обработки, что сказывалось на конечных результатах содержания общего креатинина в готовых изделиях.

Изменение содержания общего креатинина во всех исследуемых образцах мяса при нагревании колебалось от 0,15 до 0,39%, а потери его (% к массе сырого мяса) составили при тушении от 4,2 до 4,5%; в процессе жа-

ренья мясных изделий (казан-кебаб) потери общего креатинина мясом были до 28,1% к исходному содержанию, очевидно, за счет высокой температуры нагрева и обильного выделения мясного сока из продукта.

Содержание креатина в готовых кулинарных изделиях колебалось в пределах от 0,13 до 0,35%. А потери его в исследуемых образцах мяса изменялась при жарении от 36,0 до 42,2 (% к содержанию в сыром мясе), при варке же (шурпа из грудинки) потери креатина составили примерно 55,0%.

По некоторым данным при варке мяса от общего содержания креатина 51–63% переходит в бульон. В результате лабораторных исследований выявлено, что в процессе тушения, при приготовлении плова узбекского из мяса лопаточной части баранины около 32,1% креатина превращается в креатинин, при этом содержание последнего увеличивается примерно в 4–5 раз.

Литература:

1. Пищевая химия./Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А. и др. Под ред. А.П. Нечаева. — СПб.: ГИОРД, 2001.—592 с.
2. Химический состав пищевых продуктов. Кн. 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов./Под ред. И. М. Скурихина, М. Н. Волгарева. 2-е изд., перераб. И доп. — М.: Агропромиздат, 1987.—360 с.
3. А. С. Пулатов. Влияние некоторых технологических факторов на пищевую и биологическую ценность мяса баранины при приготовлении узбекских национальных блюд. Диссертационная работа на соискание учёной степени кандидата технических наук. 1977 г.
4. Гинзбург, А.С., Островский А.В. и др. «Метод аналитического расчёта продолжительности термообработки мясных кулинарных изделий». Изд. Вузов «Пищевая технология» № — 1,1988.

Изменение химического состава мяса баранины при тепловой обработке

Пулатов Алишер Саиджамалович, кандидат технических наук, доцент;
Сарибаева Дилором Акрамжановна, старший преподаватель;
Каримова Навбахор, магистрант
Наманганский инженерно-педагогический институт (Узбекистан)

В настоящее время оценка пищевых достоинств мяса и мясопродуктов невозможна без знания их химических и физико-химических показателей. По данным различных литературных источников, после процесса убоя

животных, в мясе протекают биологические и физико-химические изменения, которые изменяют как углеводную, так и белковую системы. Химический состав мышечной ткани различных видов животных и животных, относя-

щихся к одной породе или одному типу, колеблется в широких пределах и во многом определяется возрастом животного, упитанностью, полом и других показателей. Проведенные нами анализы химического состава крупнокусковых полуфабрикатов от туш овец курдючной породы в возрасте 7–8мес. Из данных исследований было установлено, что общий химический состав мышечной ткани в различных крупнокусковых полуфабрикатах был неодинаков. Для сравнения полученных результатов мы изучали дополнительно химический состав мяса курдючных овец в возрасте 10–15 месяцев. Исследование проводили также на крупнокусковых полуфабрикатах — окороке, лопатке, грудинке, корейке и котлетном мясе, подвергнутых тепловой обработке после приготовления из этих полуфабрикатов национальных блюд: шашлык, плов, люля кебаб и казан кебаб. (таб. 1)

Из данных таблицы установлено, что содержание влаги, жира и белка с возрастом животных значительно изменяется. Калорийность мякоти с возрастом увеличивается и находится в прямой зависимости от содержания жира. Во всех случаях части туши, содержащие наибольший процент жира, имеют меньше воды и белка. Из некоторых литературных данных (В.И. Соловьев, 1964; А.С. Радушный, 1995, А.И. Мглинец 2007 и др) следует, что основные изменения, происходящие в мясе связаны с состоянием мышечных белков.

Проведенные исследования химического состава мяса баранины и кулинарных изделий из него показали,

что при тепловой обработке значительно изменяется содержание влаги, жира и минеральных веществ по сравнению с сырым продуктом, а также повышается калорийность готового мяса за счет повышения содержания белка в кулинарных изделиях из баранины.

По некоторым данным химический состав мяса, подвергнутого тепловой обработке в значительной мере зависит от упитанности животного и от содержания жира в отдельных отрубках туши. Эти два фактора в большой степени влияют на состав варенного и жареного мяса, чем степень проваривания и ужарки мясных изделий или используемые при этом другие способы тепловой обработки.

По данным таблицы увеличение процентного содержания белка в готовых кулинарных изделиях приводит к повышению их пищевой ценности и сопровождается изменением процентного содержания в мясе жира, влаги и минеральных веществ. При анализе полученных результатов было выявлено значительное изменение химического состава мяса, подвергнутого тепловой обработке. Установлено, что наибольшие потери мясом влаги были в процессе жарения (казан кебаб) — около 40,2% и в процессе жаренья на жаровне (люля кебаб) — 42,3%, что связано с высокими тепловыми режимами при данных способах тепловой обработки.

Значительные изменения содержания жира в мясе выявлены в процессах варки, тушения и жаренья на жаровне. В процессе варки из мяса в бульон переходит около

Таблица 1. Химический состав крупнокусковых полуфабрикатов из баранины, в (%)

Наименование полуфабрикатов	Влага	Белок	Жир	Минеральные в-ва	Калорийность 100г мяса, ккал
Окорок	74,5	19,25	5,17	1,08	127,01
Лопатка	74,92	17,80	5,88	1,00	126,43
Грудинка	73,29	16,68	9,05	0,98	152,64
Котлетное мясо	74,81	16,28	7,82	1,09	141,48
Корейка	73,90	17,32	7,77	1,01	144,09

Таблица 2. Изменение химического состава мяса баранины при тепловой обработке, %.

Наименование мясных полуфабрикатов	Влага	Белок	Жир	Минеральные вещества	Калорийность 100 г мяса, ккал	Потери массы мяса
Окорок (шашлык)	63,50	20,25	15,17	1,08	224,11	37,2
Шашлык (жарен)	54,47	29,90	14,48	1,15	257,25	
Лопатка (плов)	63,92	19,44	15,64	1,00	225,15	32,0
Плов (тушен)	57,25	27,10	14,52	1,13	246,20	
Грудинка (шурпа)	60,09	15,95	23,08	0,98	270,04	36,1
Шурпа (варен)	53,10	23,13	22,66	1,11	305,60	
Котлетное мясо (люля кебаб)	64,71	18,75	15,46	1,08	220,64	32,5
Люля кебаб	57,90	27,60	14,36	1,14	246,71	
Корейка (казан кебаб)	65,18	18,56	15,25	1,01	217,91	36,8
Казан кебаб	56,75	27,43	14,70	1,12	248,17	

37,0% жира, в процессе тушения до 37,5%, а в процессе жаренья на жаровне до 36,3% процента к исходному содержанию в полуфабрикате, за счет выделения его из мяса при тепловой обработке во внешнюю среду. Однако, учитывая, что только в процессе жаренья на жаровне возможны потери компонентов химического состава мяса, следует отметить, что из крупнокусковых полуфабрикатов — лопатки, окорока, грудинки, котлетного мяса и корейки можно приготовить биологически ценные блюда при правильном выборе тепловых режимов и недлительных периодов кулинарной обработки баранины особенно для процесса жаренья мяса на жаровне, при котором происходит значительная потеря влаги, жира, белка и минеральных веществ, что в некоторой степени снижает пищевую и биологическую ценность готовых кулинарных изделий из баранины. Изменение рН мяса является достаточно надежным показателем течения процесса гликолиза. Изменение величины рН в определенной степени приводит к изменениям физико-химических показателей, которые обуславливают технологические и потребительские достоинства мяса. Основным фактором, который влияет на начальную величину рН мускула, является активность движений животного перед убоем, а конечное значение рН зависит от условий пастбищного кормления, где находились животные до убоя.

Выполненные нами исследования показывают, что в бараньем парном мясе значение рН в среднем было

5,66 (для лопаточной части туши), 5,58 (для окорока), 5,63 (для грудинки), 5,56 (для корейки) и 5,67 (для котлетного мяса), которое через несколько часов после убоя медленно понижалось в пределах от 0,1–0,2. Известно, что максимум жесткости мышечной ткани наблюдается в пределах изоэлектрической точки мышечных белков при $\text{pH} = 5,5$. При смещении рН в ту или иную сторону от этого интервала мясо становится более нежным, за счет повышения гидратации мышечной ткани (П. Е. Павловский, В. В. Пальмин, 1975).

С окончанием процесса созревания туш после убоя, происходит постепенное повышение водосвязывающей способности мышечной ткани, при этом повышается активность гидрофильных групп в белках мышц в большей степени, чем основных групп. При исследовании образцов крупнокусковых полуфабрикатов из баранины наблюдается понижение значения рН для всех образцов мяса. В среднем они составляли 5,53 (лопаточной части), 5,42 (для грудинки), 5,50 (для окорока), 5,49 (для котлетного мяса), 5,46 (для корейки). По мнению, что количество мясного сока минимально при рН мяса около 6,0. Были установлены предельные значения рН в мясе молодых животных, которые могут колебаться в пределах 5,5–5,9, при этих значениях рН мясо овец считается хорошего качества. В процессе тепловой обработки рН мяса сдвигался в сторону нейтральной реакции в пределах от 0,1 до 0,3.

Литература:

1. Пищевая химия./Нечаев А. П., Траубенберг С. Е., Кочеткова А. А. и др. Под ред. А. П. Нечаева. — СПб.: ГИОРД, 2001.—592 с.
2. Химический состав пищевых продуктов. Кн. 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов./Под ред. И. М. Скурихина, М. Н. Волгарева. 2-е изд., перераб. И доп. — М.: Агропромиздат, 1987.—360 с.
3. А. С. Пулатов. Влияние некоторых технологических факторов на пищевую и биологическую ценность мяса баранины при приготовлении узбекских национальных блюд. Диссертационная работа на соискание учёной степени кандидата технических наук. 1977 г.
4. Гинзбург, А. С., Островский А. В. и др. «Метод аналитического расчёта продолжительности термообработки мясных кулинарных изделий». Изд. Вузов»Пищевая технология» № — 1, 1988.

Теоретическое изучение движения хлопка-сырца вдоль контура желоба распределителя

Рахмонов Хайриддин Кодирович, доктор технических наук, профессор;
Шарипов Жамшид Олимович, ассистент
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

В статье приведены результаты научных исследований по изучению движения хлопка-сырца по криволинейной площади и представлены уравнения движения, на основе которого построена диаграмма, характеризующая движение хлопка-сырца на кривой поверхности.

In clause the results of scientific researches on study of movement of a crude cotton on the curve linear area are given and the equations of movement are submitted, on the basis of which the diagram describing movement of a crude cotton on a curve surface is constructed.

В качестве объекта движения принимаем хлопок-сырец и его рассмотрим как моделирующая материальная точка массой m . Предположим, масса хлопка-сырца не влияет на движение желоба. Примем, что летучка хлопка-сырца совершает движение вдоль контура желоба, представленного в виде ломаных линий BC и CD.

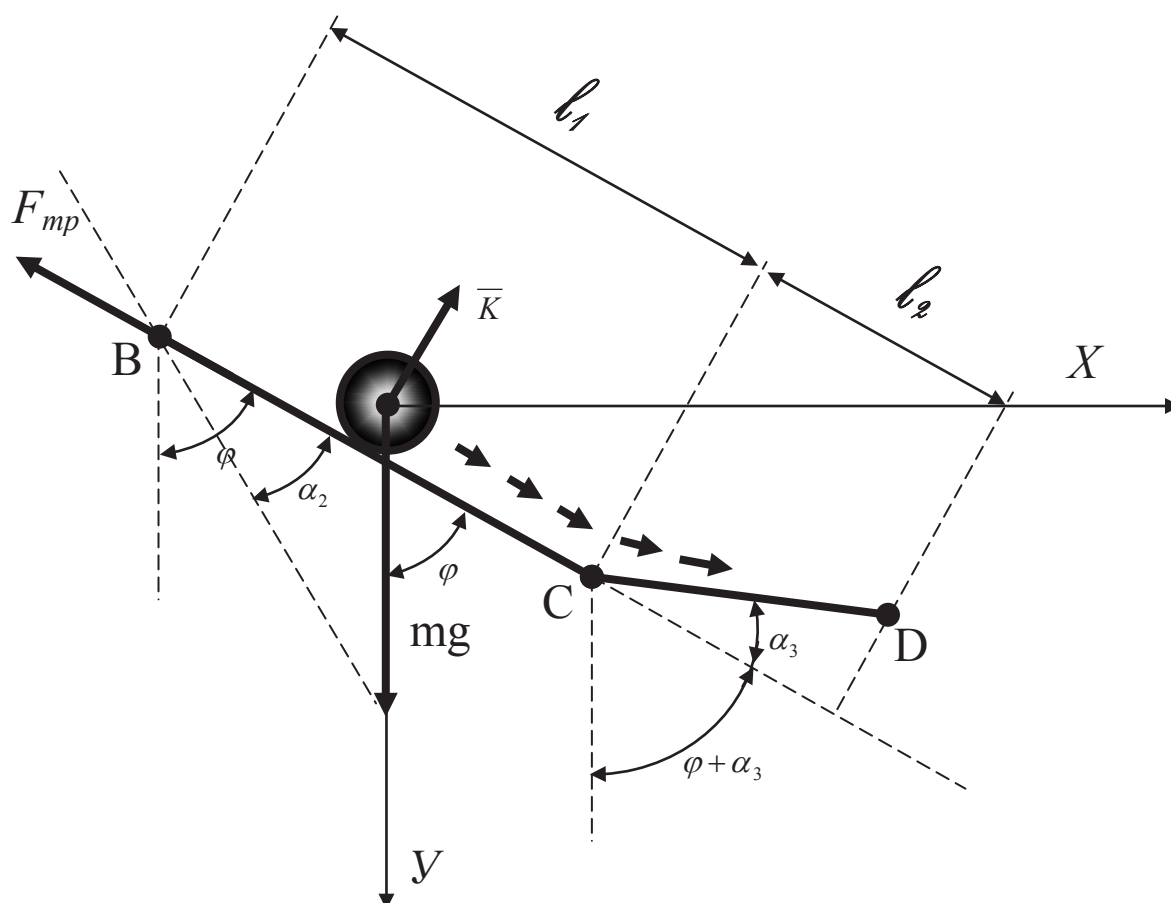


Рис. 1. Движения хлопка-сырца вдоль контура желоба

Так как участок CD имеет большой угол ската, попавшие на него летучки практически за короткий момент времени окажутся в этой зоне или в зоне CD. В этом случае положения летучки в зоне BC выразим координатой ξ , тогда ее положение относительно абсолютной системы координат XOY определится следующим образом:

$$\begin{aligned}x &= l_1 \cdot \sin \varphi + \xi \cdot \sin(\varphi + \alpha_2) = l_1 = \sin \varphi + x_{\text{омн.}} \\y &= l_1 \cdot \cos \varphi + \xi \cdot \cos(\varphi + \alpha_2) = l \cdot \cos \varphi + y_{\text{омн.}}\end{aligned}\quad (1)$$

$$\text{Если, } x_{\text{омн.}} = \xi \cdot \sin(\varphi + \alpha_2); \quad y_{\text{омн.}} = \xi \cdot \cos(\varphi + \alpha_2)$$

Кинетическая энергия будет:

$$T = \frac{1}{2} \bar{m}(\dot{x}^2 + \dot{y}^2) = \frac{1}{2} m(l_1 \cdot \dot{\varphi}^2 + \dot{\xi}^2 + \dot{\varphi}^2 \cdot \xi^2 + 2l_1 \cdot \dot{\varphi} \cdot \dot{\xi} \cdot \sin \alpha_2 + 2l_1 \cdot \dot{\xi} \cdot \dot{\varphi}^2 \cdot \cos \alpha_2)\quad (2)$$

Принимая обобщенную координату запишем её в виде уравнения Лагранжа II:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\xi}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \xi} = Q_\xi\quad (3)$$

Обобщенная сила, вычисляемая по формуле

$$Q = x \frac{\partial x}{\partial \xi} + y \frac{\partial y}{\partial \xi}\quad (4)$$

здесь x, y — сумма проекций сил

Кориолисова сила вычислим по формуле:

$$\bar{K} = 2m \cdot \xi \cdot \omega [i \cdot \cos(\varphi + \alpha_2) - j \cdot \sin(\varphi + \alpha_2)], \quad \omega = \dot{\varphi}\quad (5)$$

Проекция этой силы на оси координат XOY равны:

$$x_K = K \cdot \cos(\varphi + \alpha_2); \quad y_K = -K \cdot \sin(\varphi + \alpha_2)\quad (6)$$

Из рисунка видно, что кроме вышеуказанной силы на летучке действует сила трения, которое определяется по формуле

$$F_{TP} = f \cdot N = f [mg \sin(\varphi + \alpha_2) - 2m \xi \omega]\quad (7)$$

При проекции:

$$x_{TP} = -F_{TP} \cdot \sin(\varphi + \alpha_2); \quad y_{TP} = -F_{TP} \cdot \cos(\varphi + \alpha_2)\quad (8)$$

Таким образом обобщенная сила будет равна:

$$Q_\xi = (x_K + x_{TP}) \cdot \frac{\partial x}{\partial \xi} + \{y_B + y_K + y_{TP}\} \cdot \frac{\partial y}{\partial \xi} = mg \cdot [\cos(\varphi + \alpha_2) - f \cdot \sin(\varphi + \alpha_2)] + 2m \xi \cdot \omega \cdot f\quad (9)$$

Подставляя выражения T и Q_ξ из (2) и (9) в уравнение (3) получим:

$$\ddot{\xi} - 2\dot{\varphi} \dot{\xi} \cdot f - \dot{\varphi}^2 \xi = l \cdot \dot{\varphi} \cdot \cos \alpha_2 - l \cdot \ddot{\varphi} \cdot \sin \alpha_2 + g [\cos(\varphi + \alpha_2) - f \cdot \sin(\varphi + \alpha_2)]\quad (10)$$

При нулевых начальных условиях т. е.

$$\xi = 0; \quad \dot{\xi} = 0; \quad \text{и } t=0 \text{ получим}$$

$$\varphi = \alpha - \frac{g}{\omega^2} (1 - \cos \omega t) \text{ при } 0 \leq t \leq t_k\quad (11)$$

$$\varphi = \omega_p (t - t_1) + \varphi_1 \text{ при } t_k \leq t \leq t_{*k}$$

t_k и t_{*k} — время открывания и закрывания желоба.

Таким образом, формула (11) дает возможность теоретически изучить движения летучки хлопка-сырца вдоль желоба, обеспечивающее своевременную разгрузку насыпной массы, а также время прибывания летучки хлопка-сырца на определенном участке.

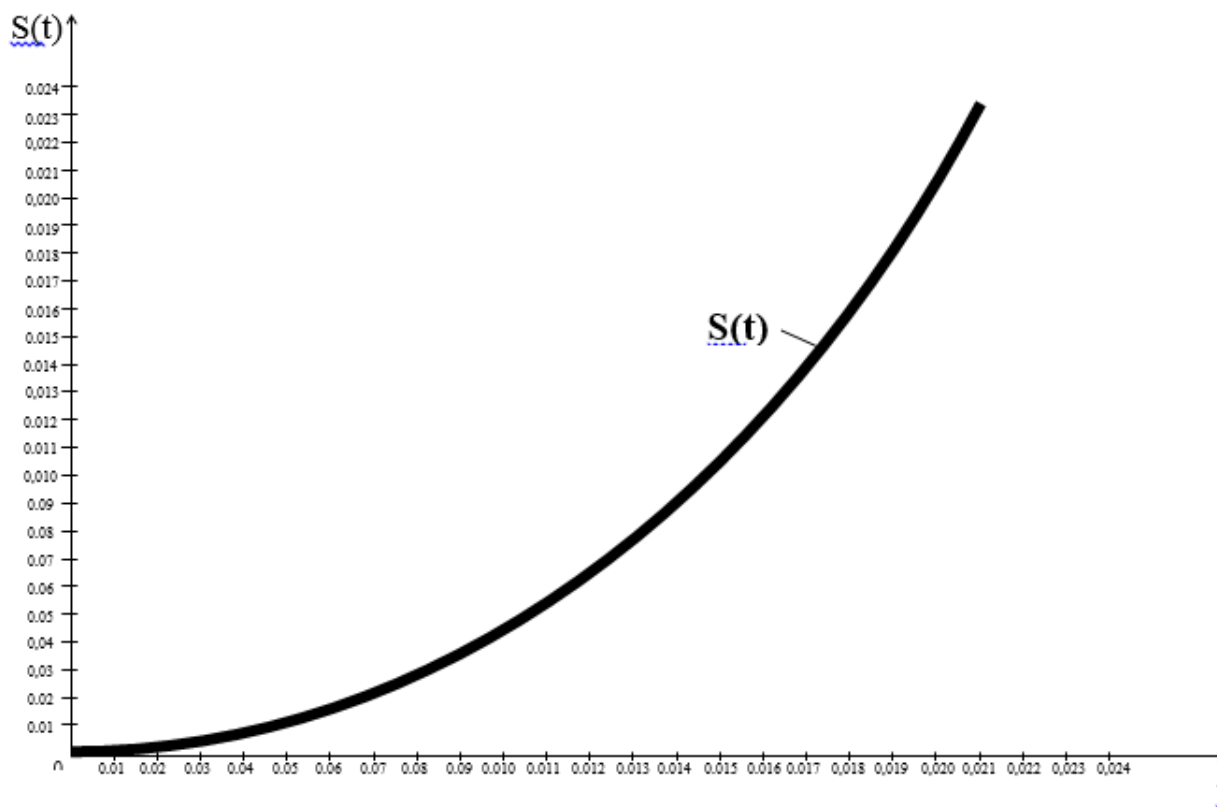


Рис. 2. Диаграмма пребывания летучки хлопка-сырца на определенном участке

Литература:

1. Бузов, Б. А. и др. Материаловедение швейного производства. М.: Легпромбытиздат, 1986. — 400 с.
2. Раченкова, О. М. Разработка метода расчета рациональных параметров строения тканей различного переплетения с учетом технологии их изготовления. Автореф. Дисс. Канд. Техн. Наук. — М.: МГТУ, 2000.

Управление процессом выдува ПЭТ-бутылок. Технологический процесс

Родионов Дмитрий Александрович, студент;

Суворина Ирина Викторовна, студент;

Шашков Иван Владимирович, кандидат технических наук, доцент;

Князев Юрий Викторович, студент

Тамбовский государственный технический университет

Современное оборудование для выпуска ПЭТ-тары работает на основе преформ. Вначале происходит их равномерный разогрев, после чего уже осуществляется непосредственный выдув.

Перед тем как выполнять разогрев, преформы проходят предварительный этап, на котором происходит их сортировка и ориентирование. В большинстве случаев они устанавливаются положением горлышко вверх. Далее преформы перемещаются в питатель, где отсеивается брак.

Равномерный прогрев преформ выполняется при помощи инфракрасных ламп, проходя по ленте перед которыми, преформы вращаются вокруг своей оси.

Для выдува ПЭТ-бутылок используют специальные формы, в которых разогретые преформы растягиваются штоками, а затем в них подается сжатый воздух под давлением около 40 бар.

Технология выдува ПЭТ-бутылок основана на свойствах полиэтилентерефталата, обуславливающих то, что при высоком давлении повышается термостойкость, а также газонепроницаемость.

После выполнения операции выдува, бутылки охлаждаются, и из пресс-формы попадает на транспортер, по которому она перемещается на линию розлива и упаковки.

Одним из главных недостатков любой ПЭТ-тары является низкие барьерные характеристики, в результате чего

в бутылку попадает ультрафиолет и кислород, а из нее выходит углекислота, снижая, тем самым, свойства и срок хранения продукции.

Поэтому, современное оборудование по выпуску ПЭТ-тары, должно быть ориентировано на максимальное повышение газо- и светонепроницаемости.

Для этого применяются различные технологии, наиболее популярными из которых, на сегодняшний день, являются использование многослойной структуры, а также нанесение специального защитного слоя, так называемого «барьера».

Пэт-тара, произведенная по многослойной технологии, состоит из нескольких прослоек полиэтилентерефталата, между которыми находится специальный полимер, такой, например, как нейлон, который может быть активным или пассивным барьером. В первом случае слой полимера поглощает кислород, а, во втором, не пропускает сквозь себя лучи ультрафиолета.

Главным недостатком многослойной технологии производства ПЭТ-тары является высокая конечная стоимость продукции.

Напыление барьерного слоя на поверхность ПЭТ-тары также является весьма трудоемким и дорогостоящим технологическим процессом, для которого требуется специальное оборудование, стоимостью более миллиона долларов США, что и делает данный способ выпуска ПЭТ-тары не слишком распространенным на сегодняшний день. [1]

Автоматическая система управления выдувом ПЭТ-бутылок.

Автоматическое управление широко применяется во многих технических и биотехнических системах для выполнения операций, не осуществимых человеком в связи с необходимостью переработки большого количества информации в ограниченное время, для повышения производительности труда, качества и точности регулирования, освобождения человека от управления системами, функционирующими в условиях относительной недоступности или опасных для здоровья. Цель управления тем или иным образом связывается с изменением во времени регулируемой (управляемой) величины — выходной величины управляемого объекта. Для осуществления цели управления, с учётом особенностей управляемых объектов различной природы и специфики отдельных классов систем, организуется воздействие на управляющие органы объекта — управляющее воздействие. Оно предназначено также для компенсации эффекта внешних возмущающих воздействий, стремящихся нарушить требуемое поведение регулируемой величины. Управляющее воздействие вырабатывается устройством управления (УУ). Совокупность взаимодействующих управляющего устройства и управляемого объекта образует систему автоматического управления. [1]

Управление процессом выдува ПЭТ-бутылок ранее было построено на релейной автоматике, а регулирование температуры осуществлялось переменным резистором.

Такой уровень управления не обеспечивал надлежащего качества и не выпуска обходимого объема продукции, тормозил расширение производственных мощностей, значительно усложнялись наладочные работы при смене типа выдуваемой бутылки. Поэтому модернизация системы управления выдувной машиной стала неотложной задачей с особым вниманием к точности соблюдения температуры.

Учитывая сложность процесса управления движением преформ, их замыканием-размыканием, включением-выключением клапанов, точностью регулировки температуры и выполнением множества мелких операций, было решено построить систему управления на базе программируемого логического контроллера ОВЕН ПЛК100—24. Р-Л. Требуемую точность температуры в данном случае обеспечивает функциональный блок ПИД-регулятор с автонастройкой. Автонастройка ПИД-регулятора происходит при каждом включении выдувной машины, т. к. величина температуры варьируется в определенном интервале и зависит и от конкретных заготовок, и от их формы, поддержка нужной температуры очень важно для качественного выдува ПЭТ-бутылок. Автонастройку можно запустить в любое время с операторской графической панели. Она же служит для задания параметров управления и отображения аварийных ситуаций.

В процессе отладки проекта выяснилось, что реализация ПИД-регулирования в каждой из шести зон, связанных между собой, оказалась неэффективной. Поэтому температура контролируется в одной зоне — ведущей. В остальных зонах распределяется от 0 до 100% мощности. Величина мощности, распределяемая по зонам, также устанавливается на операторской панели.

Нагрев в зонах осуществляется лампами КГЦ, по 2200 Вт на зону. Для большей долговечности лампы во время работы должны быть всегда включены, поэтому управление лампами методом «перехода через ноль» не подходило. Для решения этой проблемы решено было использовать модуль МВУ-У с унифицированным сигналом (0...10 В) с шестью модулями МРМ3-60-8, которые обеспечивают управление 60-амперной нагрузкой фазовым методом. Управление модулем МРМ3-60-8 осуществляется сигналом напряжения 0...5 В: при пяти вольтах на входе нагрузка отключена, а при нуле — на нее передается 100% мощности. Для питания входных цепей модулей МРМ3-60-8 используется блок питания БП15Б-Д2—5. Согласование сигналов МВУ-У и МРМ3-60-8 обеспечивает программа контроллера. Управление исполнительными органами осуществляется посредством модуля вывода ОВЕН МВУ8-У. [3]

Предполагается, что в результате использования данной системы управления выдувом ПЭТ-бутылок удастся резко снизить процент производственного брака, а также значительно упростить наладочные работы при смене типа выдуваемой бутылки. Таким образом, будут сокращены простои оборудования и снизятся затраты на закупку преформ и на электроэнергию. Все это даст ощутимый экономический эффект.

Литература:

1. <http://standart-plus.ru/vyiduv-pet-butyilok/>
2. <http://onmeso.narod.ru/cay/>
3. <http://www.owen.ru/63449094>

Анализ существующих методов и оборудования автоматизированного нанесения горизонтальной разметки на автомобильных дорогах

Сафаров Ниджат Афик Оглы, аспирант;
Серватинский Вадим Вячеславович, кандидат технических наук, доцент
Сибирский федеральный университет

Разметка автомобильных дорог является эффективным средством улучшения организации и повышения безопасности движения транспорта и пешеходов. Она помогает водителю выбирать правильное положение автомобиля на проезжей части дороги, особенно в случаях сложных пересечений и примыканий, скорость движения, а также служит для обозначения на дороге опасных участков. При этом очень важно обеспечить строгое соответствие разметки и устанавливаемых на дороге знаков, светофоров и других средств организации движения. Для разметки автомобильных дорог применяется современное высокотехнологическое оборудование. Линии и разделительные полосы на дорожных покрытиях наносят специальными маркировочными машинами, которые также используют для окраски обстановки пути, дорожных знаков и сооружений. Маркировочные машины подразделяют по способу распыления, типу покрасочного материала и типу применяемого шасси. Для механизированного нанесения краски используют разнообразные машины и механизмы, от ручных мобильных разметчиков до специального оборудования, устанавливаемого на шасси грузовых автомобилей.

Объект исследований. Маркировочные машины.

Машина «Шмель-11А» на шасси ГАЗ-3302 предназначена для нанесения горизонтальной дорожной раз-

метки безвоздушным способом красками с использованием светоотражающих стеклянных микрошариков. [1]. Рабочее давление краски при нанесении ее на поверхность дороги достигает 120–150 атмосфер, что позволяет работать с красками высокой вязкости и с поверхности дороги сметается мелкая пыль, что позволяет краске глубоко проникать в поры поверхности асфальта.

«Муравей-27» — это машина уже несколько иного класса для нанесения дорожной разметки [2]. Прежде всего, она не базируется на каком-либо грузовом шасси, а представляет самостоятельное транспортное средство (СМДР), способное передвигаться со скоростью до 15 км/ч в транспортном положении и от 2 до 7 км/ч при нанесении разметки. «Муравей-27» предназначен для проведения разметочных работ на сухих и чистых дорожных покрытиях в условиях умеренного климата при температуре от 5 до 40 градусов, он комплектуется гидравлической помпой с рабочим давлением 80–105 атм на выходе, ресивером емкостью 30 литров, а также 60-литровым резервуаром для масла, 180-литровым резервуаром для краски и 55-литровым резервуаром для светоотражающих шариков.

Малые ручные машины предназначены для выполнения работ по нанесению символики дорожными красками [2]. Применяется для разметки дорог, спортивных площадок, разметки парковок, окраски бордюров



Рис. 1. Машина «Шмель-11А» на шасси ГАЗ-3302

и ограждений, работ по шаблонам и трафаретам, окраски различных объектов и сооружений

Для разметки дорог способом нанесения жидкого горячего термопластика или быстросохнущей эмали с применением светоотражающих стеклянных микрошариков

Комбинированные машины дорожной разметки с напорным и без напорным баком до 600 л для термопластика

и напорным баком для маркировки холодным способом (540 л). Предназначение: для нанесения распыляемых термопластиков с помощью насоса-дозатора; для нанесения распыляемых термопластиков с помощью двух универсальных экструдеров, предназначенных для нагнетания термопластичных материалов; для нанесения маркировки холодным способом с помощью установленного маркиру-



Рис. 2. Машина «Муравей-27»



Рис. 3. Малая ручная машина для нанесения линий дорожной разметки

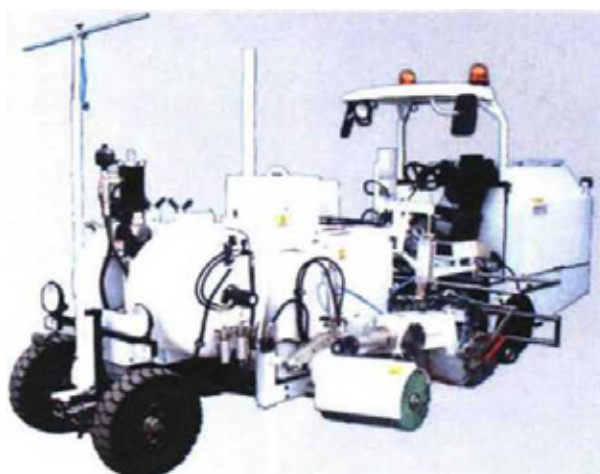


Рис. 4. Машина дорожная разметочная «Kontur-700-Termo U»



Рис. 5. Маркировочные машины на базе грузовых автомобилей

Таблица 1. Техническая характеристика маркировочных машин

Наименование и типы маркировочных машин	Тип наносимой разметки	Производительность	Мобильность	Экономическая целесообразность	Емкость бака с краской	Многофункциональность
«Шмель-11А»	линейная разметка (до 2 линий за раз)	5,5–10 км/ч	мобильная	дорогая в обслуживании и для приобретения	до 400 л	Низкая (только на широких улицах)
«Муравей 27»	линейная разметка	2–7 км/ч	мобильная	дорогой обслуживании	до 200	Средняя (на магистралях и узких улицах)
Малые ручные Машины	линейная	от 1–10 л/м	не мобильная (требуется транспорт для перевозки)	доступная цена для приобретения и дешево в обслуживании	до 60	Ниже средней (в основном при благоустройстве)
Kontur-700-Termo U	линейная	6–9 км/ч	не мобильная (требуется транспорт для перевозки)	очень дорогая в обслуживании и для приобретения	до 350	Средняя (на магистралях и узких улицах)
Машины на базе грузовых автомобилей	линейная	15 км/ч	мобильная	очень дорогая в обслуживании и для приобретения	до 600	Низкая (для магистралей и больших объемов линейной разметки)

ющего блока. Для проведения работ средней и большой продолжительности в городских условиях, больших магистралях, а также в аэропортах

Выводы: Исходя из анализа, можно сделать вывод, что нет оптимальной автоматизированной методики нанесения дорожной разметки, другими словами, у каждой

из методов преимущества исключительно при определенных дорожных условиях. Так же нет методики автоматизированного нанесения фигурной разметки, данная разметка наносится дедовским способом (нанесение с помощью трафаретов), что действительно требует изучения и работы в данной области.

Оценка механических свойств металла по твердости при диагностировании технического состояния стальных газопроводов

Сигаилов Михаил Владимирович, ведущий инженер отдельного подразделения;
 Шувакин Александр Евгеньевич, начальник отдельного подразделения;
 Матвеевцев Владимир Евгеньевич, ведущий инженер отдельного подразделения;
 Манин Олег Александрович, инженер отдельного подразделения
 ООО «НОЦ ЭТ ТД»

Проведен анализ основных неразрушающих методов контроля твердости металла, наиболее часто применяемых для косвенного определения механических свойств (σ_B , $\sigma_{0,2}$) элементов газопроводов в эксплуатационных условиях. С использованием известных корреляционных соотношений между рассматриваемыми параметрами установлены предельные значения твердости, при которых коэффициент пластичности металла элементов газопроводов достигает максимально допустимого значения.

Ключевые слова: стальные газопроводы, деформационное старение, временное сопротивление, предел текучести, твердость, методы измерения, анализ.

Основными объектами системы газораспределения являются наружные газопроводы подземного и надземного исполнения. К настоящему времени значительная часть газопроводов исчерпала свой нормативный срок службы (ресурс) и требует проведения диагностических работ для оценки фактического состояния с целью определения возможности и условий дальнейшей безопасной эксплуатации. В большинстве случаев общий алгоритм принятия решения о продлении эксплуатации сводится к определению критериев перехода в предельное состояние с последующим выполнением расчетов остаточного ресурса (срока службы).

При длительной эксплуатации стальных газопроводов таковыми критериями могут быть деграционные изменения свойств металла, обусловленные накоплением дефектов кристаллического строения (деформационное старение) под действием статических нагрузок [1–3]. Деформационное старение, как правило, сопровождается увеличением твердости, а также снижением пластичности металла, выраженным в сближении величин предела текучести ($\sigma_{0,2}$) и временного сопротивления (σ_B), и характеризуется коэффициентом пластичности (k_T). Согласно [2, 3] допустимые значения k для малоуглеродистых сталей, приведенные к температуре 20 °С, должны быть в пределах:

$$k_T = \frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_B} \leq 0,9 \quad (1)$$

При этом необходимыми параметрами для комплексной оценки технического состояния и прогнозирования срока службы газопроводов являются данные о фактических значениях механических свойств металла (σ_B , $\sigma_{0,2}$).

Определять σ_B и $\sigma_{0,2}$ стандартными испытаниями на растяжение [4] нецелесообразно, поскольку они предусматривают вырезку образцов из испытуемых элементов, которые становятся непригодными для дальнейшей эксплуатации без восстановительного ремонта. Наибольшее распространение получили методы определения механических свойств пересчетом по предварительно установленным корреляционным соотношениям между искомыми параметрами и значениями твердости.

Применение классических методов измерения твердости [5–7] элементов газопроводов без нарушения их целостности также невозможно. В настоящее время разработано множество переносных малогабаритных твердомеров, позволяющих осуществлять контроль твердости металла элементов газопроводов в эксплуатационных условиях без их частичного или полного разрушения. Наибольшее практическое применение получили портативные приборы, в основе которых лежат методы Лейба и акустического импеданса (метод ультразвукового контактного импеданса).

Метод Лейба основан на измерении потери энергии при соударении бойка с испытываемым образцом. При этом мерой твердости (НЛ) является частное от деления скорости движения бойка в момент отскока на скорость движения перед соударением, умноженное на 1000.

Связь между механическими свойствами металла и значениями НЛ представлена в одном из основных технических документов по проведению диагностирования стальных газопроводов — РД 12–411–01 [2] в виде выражений:

$$\sigma_B = 9,55 \cdot \left[\sqrt{149 + 1,22 \cdot (2,8 \cdot 10^{-6} \cdot \text{НЛ}^3 - 3 \cdot 10^{-3} \cdot \text{НЛ}^2 + 1,797 \cdot \text{НЛ} - 275,125)} - 12,22 \right], \text{ кгс/мм}^2, \quad (2)$$

$$\sigma_{0,2} = K \cdot 1,22 \cdot (2,8 \cdot 10^{-6} \cdot \text{НЛ}^3 - 3 \cdot 10^{-3} \cdot \text{НЛ}^2 + 1,797 \cdot \text{НЛ} - 275,125), \text{ кгс/мм}^2, \quad (3)$$

где $K=0,2$ — для углеродистых сталей.

Применение таких приборов имеет ряд особенностей и ограничений, которые необходимо учитывать при проведении измерений. В работе [8] отмечается, что определение твердости материала по скорости отскока бойка на оболочках радиусом более 125 мм при толщинах стенки $1 \div 3$ мм не представляется возможным, а для оболочек меньшего радиуса подобные измерения сопряжены со значительными погрешностями. В области толщин $3 \div 10$ мм необходимо учитывать и радиус оболочки, и ее толщину. При толщине от 10 мм и выше результаты измерения твердости могут использоваться без корректировки. Расстояние от зоны замера твердости до места закрепления оболочки должно составлять не менее 100 мм.

Метод акустического импеданса (метод ультразвукового контактного импеданса) основан на зависимости резонансной частоты магнитострикционного стержня с алмазной пирамидой на конце (индентор), внедренной в поверхность контролируемого изделия с заданным усилием, от площади контакта алмаза с поверхностью изделия. При этом площадь зоны соприкосновения индентора с изделием с уменьшением твердости растет, гибкость контактной зоны уменьшается, а модуль упругого сопротивления (импеданса) увеличивается. В приборах разных изготовителей нагрузка на индентор не превышает 10 кгс. Глубина проникновения индентора в материал незначительна (до 300 мкм).

Приборы, реализующие указанный метод, как правило, калибруются по основным шкалам твердости: Бринелля (НВ), Роквелла (HRC) и Виккерса (HV). Взаимосвязь значений твердости представлена в РД ЭО 0027–2005 [9], где также приведены корреляционные соотношения, позволяющие по величинам твердости НВ (кгс/мм²) оценить значения характеристик механических свойств металла (σ_b , $\sigma_{0,2}$). Так для углеродистых и легированных кремнемарганцовистых сталей, указанные соотношения имеют вид:

$$\sigma_b = 8,8 \cdot 10^{-4} \cdot \text{НВ}^2 + 2,66 \cdot \text{НВ} + 103, \text{ МПа} \tag{4}$$

$$\text{при } \text{НВ} \geq 140 \quad \sigma_{0,2} = 3,4 \cdot \text{НВ} - 175, \text{ МПа} \tag{5}$$

$$\text{при } \text{НВ} < 140 \quad \sigma_{0,2} = 2,15 \cdot \text{НВ}, \text{ МПа} \tag{6}$$

Погрешности определения величин σ_b и $\sigma_{0,2}$ по уравнениям (4–6) составляют 10% и 15% соответственно (для основного металла) [9].

Портативные приборы, основанные на методе акустического импеданса, позволяют проводить измерения твердости при толщинах исследуемого элемента от 1 мм (данные получены на основании анализа руководств по эксплуатации). В тоже время основными недостатками являются: значительный разброс показаний в случаях, когда контролируемый материал обладает высокой неоднородностью или крупнозернистой структурой; повышенные требования к подготовке поверхности.

С учетом вышеизложенного, для повышения надежности и вариативности измерений целесообразно применять комбинированные переносные приборы, которые позволяют измерять твердость материалов по указанным методам.

Следует учитывать, что независимо от того, каким из рассматриваемых методов получен результат, фактически твердость измеряется в тонком поверхностном слое металла толщиной до 1 мм. Показания таких твердомеров можно считать достоверными при условии однородности твердости металла по глубине. В связи с этим практический интерес представляют оценочные (предельные) значения твердости поверхности металла элементов газопроводов, превышение которых обуславливает необходимость проведения специальных испытаний с целью уточнения механических характеристик.

При известных связях между механическими свойствами и твердостью (соотношения (2–6)) предельными можно считать значения твердости, при которых коэффициент пластичности металла элементов газопроводов достигнет максимально допустимого значения согласно условию (1). Результаты определения искомых оценочных величин графически представлены на рис. 1.

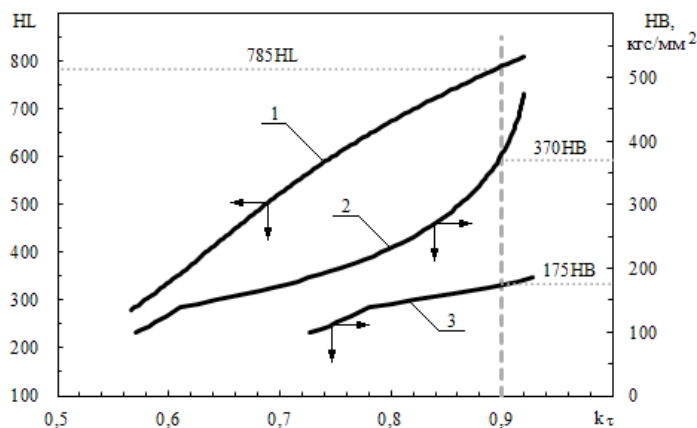


Рис. 1. Определение предельных значений твердости при $k_\tau = 0,9$: 1 — k_τ определен по соотношениям (2, 3); 2 — k_τ определен по соотношениям (4–6) без учета погрешностей; 3 — k_τ определен по соотношениям (4–6), с учетом одновременного максимального влияния погрешностей: $1,15_{\sigma_{0,2}}$ и $0,9_{\sigma_b}$

Таким образом, для элементов газопроводов, изготовленных из малоуглеродистых сталей, предельное значение твердости основного металла может составлять 175 НВ или 785 НЛ (предпочтительнее использовать оценочное значение НВ). При достижении указанных значений для объективного принятия решения о продлении эксплуатации необходимо проведение дополнительных исследований механических характеристик металла с применением, например, статических деформационных методов определения твердости [5–7, 10] или стандартных испытаний на растяжение [4].

Полученные результаты могут быть полезны при комплексной оценке фактического состояния и прогнозировании остаточного ресурса длительно эксплуатируемых стальных газопроводов по критериям деформационного старения.

Литература:

1. Горицкий, В. М. Диагностика металлов/В. М. Горицкий. — М.: Металлургиздат, 2004. — 402 с.
2. РД 12–411–01. Инструкция по диагностированию технического состояния подземных стальных газопроводов.
3. Р Газпром 2–2.3–789–2014. Газораспределительные системы. Определение остаточного ресурса сварных соединений распределительных трубопроводов.
4. ГОСТ 1497–84. «Металлы. Методы испытания на растяжение» (действует с 01 января 1986 г.). URL: <http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&baseC=6&page=0&month=12&year=2015&search=ГОСТ%201497%2084&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=143518>.
5. ГОСТ 9012–59. «Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю» (действует с 01 января 1960 г.). URL: [http://standartgost.ru/g/ГОСТ_9012–59](http://standartgost.ru/g/ГОСТ_9012-59).
6. ГОСТ 9013–59. «Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу». (действует с 01 января 1969 г.). URL: [http://standartgost.ru/g/ГОСТ_9013–59](http://standartgost.ru/g/ГОСТ_9013-59).
7. ГОСТ 2999–75. «Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Виккерсу». (действует с 01 июля 1976 г.). URL: [http://standartgost.ru/g/ГОСТ_2999–75](http://standartgost.ru/g/ГОСТ_2999-75).
8. Казанцев, А. Г. Об измерении твердости переносными твердомерами ударного действия/А. Г. Казанцев и др. // Вестник МГТУ им. Г. И. Носова. — 2010. — № 4. — с. 70–76.
9. РД ЭО 0027–2005. Инструкция по определению механических свойств металла оборудования атомных станций безобразцовыми методами по характеристикам твердости.
10. ГОСТ 22761–77. «Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Бринеллю переносными твердомерами статического действия» (действует с 01 января 1979 г.). URL: [http://standartgost.ru/g/ГОСТ_22761–77](http://standartgost.ru/g/ГОСТ_22761-77).

Загрязнение окружающей среды предприятиями-изготовителями радиоэлектронных средств (РЭС). Актуальность внедрения системы экологического менеджмента (СЭМ)

Сидорова Алиса Дориновна, магистрант
Московский технологический университет

Рассмотрены актуальность и цель построения системы экологического менеджмента на предприятиях отечественной радиоэлектроники, для предотвращения вредного воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: радиоэлектронная промышленность, вредное воздействие экологический менеджмент, стандарты серии ISO 14000, устойчивое развитие, инвестиции.

Актуальность исследования объясняется, тем, что взаимосвязь людей и природы — одна из главных проблем политического и социально-экономического развития человечества.

Увеличивая давление на природу, люди постоянно сталкиваются с одной и той же проблемой: природный коллапс в дальнейшем наносит экономический и социальный ущерб. Природа не в силах сама восстанавливаться, от нарушенного экологического равновесия, воссоздавать все блага в необходимом объеме. Процесс

экологической деградации становится вопросом выживания человечества. Сохранение природы — главная задача человечества. Ситуация, когда экономические показатели существуют как главные цели, становится очень опасной. В условиях современного развития производства и возросшей конкуренции, в связи с повсеместным ухудшением экологической обстановки, заказчики и деловые партнеры стали уделять особое внимание вопросам экологической безопасности продукции. Предпочтение стало отдаваться компаниям, использующим в своей работе

лучшие доступные и безопасные для человека и окружающей природной среды технологии, а также предприятиям, соблюдающим в полном объеме требования природоохранного законодательства, которые с каждым годом становятся все жестче. Поэтому в современных рыночных условиях необходим поиск новых подходов к решению экологических проблем промышленного производства. Основным из таких путей является экологический менеджмент

Целью настоящей работы является исследование эффективности системы экологического менеджмента, в вопросах экологической безопасности в деятельности предприятий радиоэлектронной промышленности.

Исследованию вопросов обеспечения экологической безопасности, распространения систем экологического менеджмента в российской бизнес-среде посвящены работы многих отечественных авторов: Ворунчев Д. С. [5], Горшкова Ю. Н. [6], Дадонова В. А. [7], Даймана С. Ю. [8], Мудрой А. В. [12], Савкина В. И. [14] и других.

Формирование и развитие всякого производства устремлено на модифицирование качества его жизни, однако в то же время этому сопутствует накопление потенциала опасности для человека в виде негативного влияния изменяющейся окружающей среды.

Радиоэлектронная промышленность, являющаяся одной из развивающихся отраслей современной экономики, не является исключением.

Растущие потребности влекут за собой стремительный рост ее производства, что неотвратимо приводит к росту отрицательного воздействия на окружающую среду. Основные экологические аспекты для предприятия: создание отходов при производстве и потреблении, выхлопы вредных веществ в атмосферу, водопотребление и водоотведение (сбросы хозяйственно-бытовых и ливневых сточных вод в водный объект), электромагнитное загрязнение (ЛЭП).

Существенные выделения загрязняющих веществ от работы предприятий отечественной радиоэлектроники связано в основном с очистными сооружениями, которые не отвечают современным требованиям по качеству выбрасываемых в окружающую среду воздуха, воды, отходов. Специфическим несовершенством большинства предприятий радиоэлектронной промышленности являются также технологии с вредоносными условиями труда. Можно сказать, что все они являются потенциально опасными загрязнителями окружающей среды в эколого-экономических системах.

Например, в мире более 3 млрд. т твердых промышленных отходов, 500 км³ опасных сточных вод и около 1 млрд. т аэрозолей ежегодно выбрасывается в атмосферу, водоемы и почву от деятельности промышленных предприятий, в том числе, на предприятиях радиоэлектронной промышленности, влечет за собой загрязнение.

В России ежегодно предприятиями радиоэлектронной промышленности в воздушный бассейн выбрасывается около 6,0 млн т вредных веществ (31 % — пыль, 42 % —

диоксид серы, 23,5% — оксид азота, и др.). В сточных водах, главными загрязняющими веществами являются, кислоты, щелочи, фенолы, ионы фтора, соли тяжелых металлов, углеводороды и другие вещества.

Огромное количество опасных веществ, которые имеются в составах ядовитых загрязнений, влияют на наследственность, на зарождение и развитие злокачественных новообразований и др. В ряде случаев, содержание опасных веществ в воздухе в огромном количестве превосходит максимально дозванные концентрации.

К главным субъектам техногенного влияния со стороны предприятий радиоэлектронной промышленности относятся: литосфера (размещение отходов); воздушный бассейн (выбросы в атмосферу); водные объекты (сбросы хозяйственно-бытовых и ливневых сточных вод в водный объект); население и работники предприятия (вредные условия труда).

Возможность причинения вреда от деятельности предприятий понимается как экологический риск. Исключение экологических рисков основывается на прогнозировании и предотвращении увеличения платы за негативное воздействие на окружающую среду, уменьшении санитарно-защитной зоны предприятия и т. д.

Основой управления риском является принцип оптимизации соотношений выгоды и ущерба. Практическая деятельность, не может быть оправдана, если выгода от нее для общества в целом не превышает вызываемого ущерба.

Этот принцип заложен в «Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию».

Следует отметить также, то начиная с 2016 года госпрограмма «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013–2025 годы» станет ключевым инструментом государственной поддержки отрасли. **Вследствие чего,** актуальность внедрения системы экологического менеджмента, в предприятиях изготовляющих радиоэлектронные средства, приобретает особую значимость.

Общая цель экологического менеджмента — удовлетворение жизненных потребностей людей без ухудшения окружающей среды и возможности будущим поколениям жить и трудиться в благоприятных условиях.

В последние десятилетия в технологически развитых странах мира все большее внимание уделяется вопросам снижения негативного воздействия на окружающую среду и устойчивого развития. Одним из наиболее популярных методов государственного регулирования негативного воздействия предприятий и организаций на окружающую среду является система экологических стандартов. Международная организация по стандартизации (ISO) является одной из самых крупных и значимых организаций, занимающейся разработкой международных стандартов. Международные стандарты носят добровольный характер и содержат актуальные спецификации на продукцию, услуги и передовую практику, а также способствуют повышению эффективности производства и активному росту промышленного потенциала.

Среди них особое место занимают стандарты экологического менеджмента серии ISO 14000, которые носят добровольный и универсальный характер, которые обладают значительной методологической возможностью в области организации экономической, экологической и социальной деятельности предприятий. Развитие СЭМ в мире происходит быстрыми темпами. Количество организаций, прошедших сертификацию по международному стандарту ISO 14001 постоянно возрастает.

Соответствие стандарту ISO 14001 (особенно подтвержденное органами по сертификации, имеющими международную аккредитацию) свидетельствует о надлежащем выполнении организацией своего вида деятельности и является для компании конкурентным преимуществом при установлении отношений с зарубежными контрагентами (потенциальными заказчиками, инвесторами, банками), являясь нормативным документом, признаваемым и одинаково понимаемым во всех странах мира. Отдельно отметим, что стандарт ISO 14001, требуя от организаций предотвращать загрязнение и постоянно улучшать свою деятельность, способствует формированию потребности сертифицированных организаций во внедрении технических и организационных механизмов и методов эффективного управления экологическими аспектами, снижающими воздействие на окружающую среду

Экологическая безопасность отличается от других видов безопасности предприятий тем, что в данном случае продукция и деятельность самого предприятия может представлять собой угрозу для объектов окружающей природной среды, имущества, здоровья и жизни людей. При этом, исследуются характер и результаты взаимодействия между предприятием, как системы технических сооружений, людьми, процессами и объектами его окружающей среды. Этот блок целесообразно рассматривать совместно и комплексно в рамках единой природно-технической системы.

Природно-техническая система — это совокупность природных и искусственных объектов, создающихся в итоге строительства и эксплуатации инженерных сооружений, комплексов и технических средств, взаимодействующих с природными объектами.

Стремление к обеспечению устойчивости эколого-экономической системы предприятия и обеспечению экологической безопасности производства должно рассматриваться как неотъемлемый элемент стратегии развития предприятий радиоэлектронной промышленности, а вложение инвестиций в развитие экологии — как выгодный бизнес. Главный вектор деятельности должен быть направлен на непрерывное совершенствование процессов и корпоративных возможностей. Это приведет к повышению устойчивости эколого-экономической системы и в целом улучшит результаты бизнеса на предприятиях радиоэлектронной промышленности.

подавляющему большинству предприятий радиоэлектронной промышленности следует задуматься о применении экологического менеджмента, который позволяет

снижать негативное воздействие на окружающую среду, повышать конкурентоспособность, реализовывать высокий уровень социальной ответственности, повышать капитализацию предприятия и его инвестиционную привлекательность и приобретать благоприятный имидж в глазах общественности. Последнему аспекту должно быть уделено особое внимание, так как образ компании в сознании потребителя играет определяющую роль в процессе принятия решения о покупке при условии предоставления одинаковой ценности товаров.

В сентябре 2015 г. Международная организация по стандартизации (ISO) приняла пятую редакцию стандарта ISO 9001 и третью редакцию стандарта ISO 14001. Пересмотренные документы имеют ряд существенных отличий от предыдущих и потребуют от организаций, чьи системы менеджмента уже сертифицированы или такая сертификация еще только планируется, анализа того, насколько действующая система удовлетворяет новым требованиям и что необходимо сделать, чтобы такое соответствие было достигнуто. [1]

Для того, чтобы процесс перехода для всех участников процесса был наиболее эффективным, предусмотрен трехгодичный переходный период, в течение которого должен состояться последовательный и осознанный переход на новые версии стандартов.

Введение новых требований в 2015—2018 годах потребует от высшего руководства значительного числа предприятий радиоэлектронной промышленности, корректировки существующих стратегий в сфере экологического менеджмента и устойчивого развития бизнеса.

ISO 14001:2015 подчеркивает, что новая версия стандарта нацеливает организации на принятие системного подхода к экологическому менеджменту с целью внести свой вклад в «экологическую составляющую» устойчивого развития. Отмечается, что системный подход к экологическому менеджменту особенно важен в контексте глобальных экологических вызовов [4], неэффективного использования ресурсов, утилизации отходов и изменений климата, а также ожиданий, которые предъявляет общество к устойчивому развитию, прозрачности и отчетности [10]. В проекте новой версии международного стандарта ISO 14001, во-первых, необходимо обратить внимание на кардинальное изменение структуры самого нормативного документа и предлагаемой модели системы экологического менеджмента организации. Данное изменение связано с введением в 2014 году Директивы ISO/IEC Часть 1 согласно, которой, структура требований всех стандартов на системы менеджмента (экологии, здоровья, безопасности, качества и т.д.) приводится к единой форме, а также тем, что около 30% требований теперь должны иметь идентичный текст, а соответственно и идентичные требования [2]. Данное усовершенствование сделано для удобства интегрированного применения стандартов на системы менеджмента на предприятиях и подразумевает управление организацией по единому порядку, с учетом требований в об-

ласти качества, экологии, безопасности и т. д. В контексте охраны окружающей среды, это может касаться определения единого порядка документооборота на предприятии, учета природоохранных требований в рамках процедур выбора поставщиков и подрядчиков или процедур организации обучения персонала [10]. Согласно новой версии ISO 14001, организация должна проводить управление своими экологическими аспектами на основе анализа ожиданий и потребностей заинтересованных сторон (надзорных органов, общественности, заказчиков, конкурентов, подрядчиков) и особенностей самой организации (состояния инфраструктуры, технологий, кадрового потенциала и др.). Наиболее популярным инструментом в данной сфере является, так называемый SWOT-анализ, позволяющий оценивать сильные и слабые стороны «внутри» организации, а также угрозы и возможности «из вне».

Важно понимать, что ISO 14001 — это нормативный документ, содержащий требования к существующей системе менеджмента организации. Как указано в самом стандарте, его задача — дать возможность организации разрабатывать и реализовывать самостоятельную экологическую политику, цели и программы, с принятием на себя обязательств по последовательному предотвращению загрязнения окружающей среды и соблюдению природоохранного законодательства. Соответствие стандарту ISO 14001 (особенно подтвержденное органами по сертификации, имеющими международную аккредитацию) свидетельствует о надлежащем выполнении организацией своего вида деятельности и является для компании конкурентным преимуществом при установлении отношений с зарубежными контрагентами (потенциальными заказчиками, инвесторами, банками), являясь нормативным документом, признаваемым и одинаково понимаемым во всех странах мира.

Таким образом, экологический менеджмент понимается нами как одна из подсистем менеджмента предприятий радиоэлектроники, включающая организационную структуру, планирование деятельности, разделение ответственности, а также процессы и ресурсы для внедрения и совершенствования экологической политики, целей и задач организации.

Экологическая политика в предприятиях радиоэлектроники представляет собой официальный документ, в котором зафиксированы стратегические цели предприятия в области экологического менеджмента и способы их достижения.

Экологическая политика предприятий радиоэлектроники разрабатывается в соответствии со стратегией государства в области экологической безопасности и рационального использования природных ресурсов. Она определяет цель, задачи и принципы организаций в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности в долгосрочной перспективе де-

ятельности предприятий. Цель экологической политики выражается повышением уровня экологической безопасности, ростом инвестиционной привлекательности за счёт надёжного и комплексного подхода к использованию природных ресурсов.

Неотделимой частью экологического менеджмента является экологический аудит — регулярный документально оформленный процесс проверки объективно получаемых и оцениваемых аудиторских данных для определения соответствия или несоответствия критериям аудита определенных видов экологической деятельности, событий, условий, систем административного управления или информация об этих объектах, а также сообщения клиенту результатов, полученных в результате этого процесса. Организация экологического менеджмента и аудита на предприятиях электроэнергетики осуществляется на основе стандартов серии ISO 14000, нормативно-правовых актов РФ, а также на основе приказов, распоряжений и инструкций предприятий выпускающих радиоэлектронные средства. Внедрение экологического менеджмента на предприятиях выпускающих радиоэлектронные средства осуществляется с целью предотвратить негативное воздействие на окружающую обстановку, не снижая при этом объемов производства, но уменьшая расходы исходных материалов и сырья, энергетических ресурсов и максимально повышая качество выпускаемой продукции [4]. Прочими причинами применения экологического менеджмента в названных предприятиях являются улучшение имиджа предприятия в области выполнения природоохранных требований, экономия энергии и ресурсов, в том числе направляемых на природоохранные мероприятия, за счет более результативного управления ими.

Следует также отметить, что предприятия, применяющие системы экологического менеджмента, более привлекательны для иностранных инвестиций.

Таким образом, экологический менеджмент как система управления предприятием радиоэлектроники обеспечивает экономически рациональные для предприятия варианты осуществления эколого-социальных потребностей. Внедрение экологического менеджмента дает предприятиям радиоэлектроники средство, при помощи которого можно более результативно управлять источниками и факторами воздействия на окружающую среду, а также обеспечить свою эколого-экономическую устойчивость. Внедрение системы экологического менеджмента на предприятии открывает перед ним новые возможности, такие как экономия финансовых средств, эффективное производство, рыночный потенциал, доверительные отношения с органами власти и общественности. Если методы экологического менеджмента не внедряются, результатами могут быть аварии, повышенные налоги и отчисления, усиленный контроль со стороны властей и потеря рынков сбыта.

Литература:

1. ISO/FDIS 14001:2015 «Environmental Management Systems — Requirements and guidelines manual», 2015
2. ISO/IEC Directives, Part 1, Annex SL (normative) Proposals for management system standards of the Consolidated ISO Supplement — 2013.
3. О внесении изменений в федеральный закон «Об отходах производства и потребления», отдельные законодательные акты РФ, ФЗ N 458 от 29.12.2014
4. Акимова, Т.А. Предпосылки формирования индикаторов устойчивого развития для промышленных предприятий // Экономика природопользования. 2008. № 6. с. 3–16.
5. Воруничев, Д. С. Интегрированная система менеджмента предприятия радиоэлектронного комплекса/Д. С. Воруничев // Организатор производства, № 2 (53), 2012. — с. 59–61
6. Горшкова, Ю. Н., Горшкова И. Н. Устойчивое развитие и экологическая опасность. Текст./Учебно-методическое пособие. Калуга: Издательство КГПУ им. К. Э. Циолковского, 2008.—188 с.
7. Дадонов, В.А. Вопросы развития интегрированных систем менеджмента на российских промышленных предприятиях в условиях продвижения продукции на международные рынки // Инженерный журнал: наука и инновации. — 2013. — № 3.
8. Дайман, С. Ю., Островкова Т. В., Заика Е. А., Сокорнова Т. В. Системы экологического менеджмента для практиков/Под ред. С. Ю. Дамана. — М: — РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2004. — 248 С.
9. Донченко, В. К. Исторические аспекты формирования европейской системы экологического управления // Региональная экология. — 2011. — № 3–4 (32) — с. 7–22
10. Международный стандарт ISO 14004. Системы управления окружающей средой — общее руководство по принципам, системам и методикам применения. Второе изд. М., 2004.
11. Мельников, О. Н., Зайцев А. А. Перспективы перехода предприятий на инновационные концепции управления современным производством // Креативная экономика, 2015 — Том 9, № 6
12. Мудрая, А. В., Тищенко И. А., Травин Г. М. Моделирование экологически устойчивого функционирования объектов экомониторинга промышленного предприятия // Вестник КГУ им. Н. А. Некрасова. — 2012. — № 1.
13. Пахомова, Н. В., Титов В. О. Дискуссионная панель «Эффективность экономики, устойчивое развитие и окружающая среда» в рамках Международного экономического симпозиума, Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 5: ЭКОНОМИКА — 2015. — Выпуск 2. — с. 143–153.
14. Савкин, В. И. Организационно-экономический механизм регулирования экологической безопасности (региональный аспект) // Вестник Орел ГАУ. — 2009. — № 5 (20). — с. 49–52.
15. Ходыревская, В. Н. Менеджмент: оптимизация управленческого процесса и устойчивого развития предприятия: учеб. пособие. Курск: КГУ, 2008. 103 с.
16. Хорошавин, А. В. Анализ проблем результативного внедрения систем экологического менеджмента. Применение процессного подхода в экологическом менеджменте // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент, 2014. № 3. с. 614–624
17. Хорошавин, А. В. Подходы к реализации международных требований экологического менеджмента в России // Экологическое право, 2014. — № 4. — с. 20–25
18. Хорошавин, А. В. Развитие системы сертификации продукции по критериям экологической безопасности в России // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент, 2014. № 2. с. 47
19. Хорошавин, А. В. Разработка и применение базовых инструментов экологического менеджмента и маркетинга на предприятиях России // Экономика природопользования, 2014. — № 4. — с. 23–37.

Дистанционное управление уровнем воды в аванкамере насосной станции

Ташматов Хайит Каршиевич, кандидат технических наук, доцент;
 Маматкулов Дилмурод Абдуганиевич, старший преподаватель
 Ташкентский государственный технический университет имени Абу Райхана Беруни (Узбекистан)

В данной статье рассмотрены вопросы автоматического управления уровня воды в аванкамере насосной станции и предложены основные достоинства разработанного теплового датчика уровня жидкости.

Ключевые слова: автоматизированные системы, микропроцессорное управление, уровень воды, насосные станции, аванкамера, тепловой датчик уровня жидкости, открытые каналы, чувствительность, точность.

Аванкамера является важнейшим элементом крупной насосной станции, от которого зависит надежность и долговечность работы основного гидромеханического оборудования. Уровень воды (УВ) в аванкамере определяет возможность работы насосов по кавитационным условиям. Образование водоворотных воронок в приемных камерах часто приводит к недопустимой вибрации агрегата. Заилиение порога водоприемника препятствует маневрированию затворами и т. п.

В настоящее время внедряется микропроцессорное управление работой насосных станций. На гидромелиоративных насосных станциях основным параметром автоматизированного управления работой станции является допустимый уровень воды в приемном резервуаре.

В автоматизированных системах управления насосными агрегатами применяют датчики уровня — для подачи импульсов на включение и остановки насосов при изменении уровня воды в баках, резервуарах и аванкамерах [1÷3].

Недостатками существующих датчиков уровня воды являются сложность и громоздкость конструкции и из-

мерительной схемы обработки и представления измерительной информации об уровне жидкости и другие.

Для уменьшения этих недостатков и повышения чувствительности и точности измерения, нами разработан тепловой датчик уровня жидкости (ТДУЖ).

Непрерывный контроль за изменением уровня жидкости в открытом канале с сигнализацией заданных предельных положений уровня может осуществляться с помощью ТДУЖ [4].

ТДУЖ (рис. 1) состоит из нетеплопроводного корпуса 1, в два противоположных торца которого установлены теплопроводные цилиндрические капсулы 2 и 3, с терморезисторами 4 и 5, снабженных нагревательными элементами 6 и 7. При этом, корпус 1 снабжен гайкой 8 и резьбой 9 для установки датчика в стенке резервуара 10. Индексами a, b, c, d и a^1, b^1, c^1, d^1 обозначены выводы цепей соответственно терморезисторов 4 и 5 и нагревательных элементов 6 и 7. ТДУЖ может быть установлен для контроля максимального и минимального уровней жидкости (рис. 2).

Многие схемы автоматизации строились без учета скорости изменения уровней в каналах которые служат

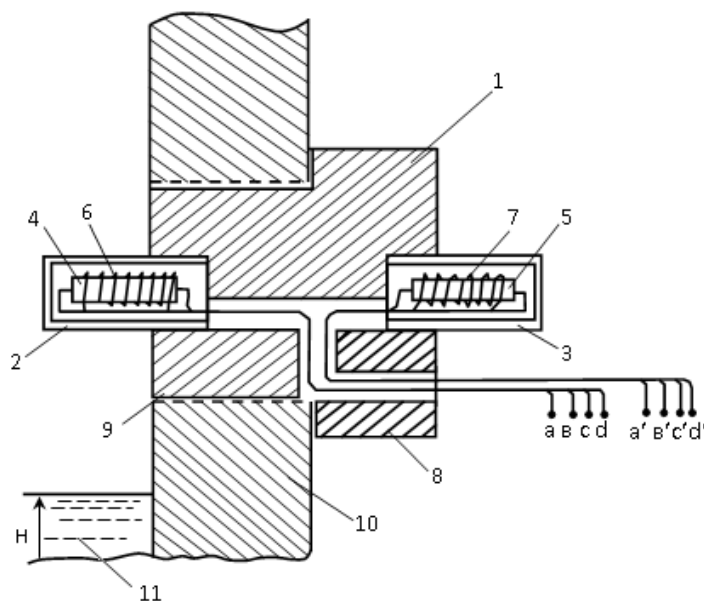


Рис. 1. Конструкция теплового датчика уровня жидкости

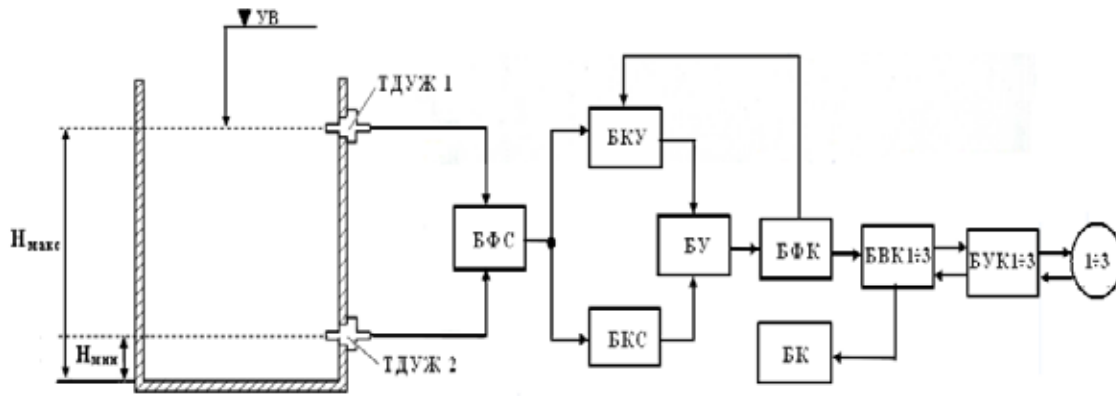


Рис. 2. Структурная схема устройства автоматического управления перекачной насосной станцией: 1-3 — насосы; ▼УВ — уровень воды

источником водозабора. Между тем для нормальной работы канала предельные скорости в нем должны находиться в определенных границах, не допускающих заиливания канала или разрушения его откосов.

В качестве примера на рисунке 2 рассмотрена разработанная структурная схема автоматического устройства управления перекачной насосной станцией, которое автоматически изменяет расход насосной станции при минимальном числе переключения насосных агрегатов и обеспечивает номинальный режим подводящего канала при произвольно изменяющемся расходе воды в нем. Уровень воды в канале изменяют в определенных пределах (ограничиваются абсолютные значения максимального и минимального уровней); расход станции является функцией уровня и скорости его изменения. Автоматическое устройство условно можно считать состоящим из двух частей: логической и выходной.

В состав функций логической части входят: наблюдение за колебаниями уровня в канале и скоростью его изменения; формирование сигнала о необходимости изменения подачи насосной станции и определения величины этого изменения. Выходная (исполнительная) часть устройства получает команду от логической части и обеспечивает ее выполнение, соблюдая технологию работы станции, автоматическое резервирование агрегатов, очередность их работы и контроль работы каждого агрегата в отдельности. В состав логической части входят блоки: контроля уровня (БКУ); контроля скорости изменения уровня (БКС); формирования сигналов датчика (БФС); управления (БУ). БКУ следит за уровнем, сравнивает его с заданными для имеющейся подачи станции предельными величинами и выдает сигналы при достижении уровнем предельных значений. БКС следит за скоростью движения уровня и определяет, насколько следует изме-

нить подачу станции (на сколько шагов дискретности). БФК усиливает и формирует электрические сигналы датчика. БУ формирует команду для исполняющей части устройства. Функции, относящиеся к каждому агрегату в отдельности, выполняют блоки управления и контроля насосных агрегатов (БУК); узлы устройства, относящиеся к управлению группой однотипных агрегатов, объединены в блоки выполнения команды (БВК). В устройстве осуществлено автоматическое резервирование, которое построено по принципу автоматической смены очередности включения агрегатов. В этом случае очередность включения агрегатов меняется на столько единиц в меньшую сторону, сколько имеется перед ним аварийных и неостывших агрегатов. Таким образом, в резерве находятся все исправные и остывшие агрегаты. Общие цепи сигнализации и блокировок, относящиеся в одинаковой мере ко всем агрегатам, объединены в блок контроля работы агрегатов (БК). Кроме того, в выходную часть устройства входит блок формирования команды (БФК), назначение которого заключается в том, что он, получая от логической части устройства команду на изменение подачи (как по величине, так и по знаку), распределяет эту команду по группам агрегатов.

Схема на рисунке 2 выполнена на бесконтактных логических операциях. Подробные схемы целесообразно выполнять на основе программирования с применением микропроцессорной техники.

Таким образом тепловой датчик уровня может быть установлен как на максимальный уровень H_{\max} , так и на минимальный уровень H_{\min} , а также на промежуточные уровни, которые необходимо контролировать и управлять. Датчики уровня на базе тепловых преобразователей представляются весьма перспективными при разработке тепловых уровнемеров для открытых каналов.

Литература:

1. Ганкин, М. З. Комплексная автоматизация и АСУТП водохозяйственных систем. — М.: Агропромиздат, 1991. — 432 с.

2. Попкович, Г.С., Гордеев М.А. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения. — М.: Высшая школа, 1986. — 392 с.
3. Карпов, Ф.Ф., Козлов В.Н., Лоодус О.Г. Автоматизация насосных установок. — М.: Высшая школа, 1981. — 345 с.
4. Патент UZ IAP 04559. Тепловой датчик уровня жидкости. Авторы: Азимов Р.К., Ташматов Х.К. и др. 31.08.2012, Бюл., № 8.

The role of CCTV cameras on public safety

Тошкхужаев Саиджалол Бахридинхонович, студент
Ташкентский университет информационных технологий

Toshkhujayev Saidjalol Baxridinxonovich

Today you can find them on the street corner, at airports, in front of bank and next to bus stop CCTV cameras are literally everywhere in the Uzbekistan. So often CCTV is seen as a security tool. Well of course it is, however it also plays equally important roles in the areas of monitoring and control. In the literature on the operation and effects of closed-circuit television (CCTV), attention has focused on the roles of human actors in surveillance practices. Though most of our attention these days is focused on the transition to IP video technology, it's important to note that analog CCTV security cameras can still be highly effective for many surveillance applications, especially those on a budget. With traditional CCTV security cameras, the video signal is processed and transmitted in analog format for local viewing from one central monitoring location. But that doesn't mean you can't use analog cameras in an IP-based surveillance

Introduction

In its truest form, a CCTV camera is an analog video camera that transmits signals via coaxial cable to a single central location for monitoring, recording, and video analysis. While the recent trend is a push towards IP network cameras, CCTV cameras are still widely used, and offer a cost-effective answer to many common surveillance scenarios. CCTV technology has been around since the 1940's, and became a major player in the security industry around 1970. The technology is tried and true, and there are CCTV security camera models for virtually any surveillance application. The two main categories of CCTV cameras are fixed cameras and pan/tilt/zoom models which can rotate horizontally and vertically to cover more area.

Components of a CCTV Video Surveillance System

There's a lot that goes into a typical CCTV video surveillance system. While the cameras get most of the attention in the beginning, you also have other concerns, such as viewing, recording, and archiving the video footage, and the equipment required for carrying out those tasks. Here's a look at the basic components of a typical CCTV system.

Cameras

Security cameras are the starting point for most CCTV video surveillance systems. There are endless possibilities when choosing CCTV cameras and lenses — everything from fixed models designed for monitoring very specific locations, to day/night cameras, and powerful PTZ domes for patrolling large areas.

Monitor

In a traditional CCTV security camera setup, operators view footage from a central location on a monitor very much like a TV, but with higher lines of resolution for better picture quality. Monitors can be dedicated (meaning they display video from a single camera), or call-up (meaning operators can access multiple cameras at the same time).

Cable

With an analog system, coaxial cable is required for transmitting video footage from the CCTV security cameras. This is one of the drawbacks of analog CCTV video surveillance, as the cable can be expensive and difficult to install, especially for larger camera networks, and those were cameras must be positioned in difficult locations.

DVR

Most modern CCTV video surveillance systems incorporate DVRs (digital video recorders) which enable operators to reap some of the benefits of a network-based surveillance setup. DVRs convert the analog footage to digital, which helps to extend storage capacity, makes it much easier to search archived footage, and also allows users to stream video over a network for remote viewing from multiple locations.

CCTV Security Camera Types

Fixed CCTV surveillance cameras

Fixed security cameras point in a single direction, which makes them perfect for monitoring very specific areas of interest. They're also preferred for applications

where it's beneficial to install cameras in clearly visible locations. For this reason, fixed CCTV surveillance cameras are quite effective not only for capturing footage of suspicious activity, but also for deterring criminals and vandals from carrying out their acts in the first place. The direction of the camera is set during installation. Many security cameras also accept interchangeable lenses and housings, so you have the flexibility to meet a wide variety of surveillance needs.

PTZ

PTZ cameras are ideal for wide-area surveillance. They give operators the ability to remotely control pan, tilt, and zoom functions to follow activity and to zoom in for detailed monitoring. This is an area where analog CCTV security cameras fall behind their IP camera counterparts. With IP cameras, the pan/tilt/zoom functions are controlled manually or automatically and delivered over a single network

References:

1. Joe Cieszynski-Closed Circuit Television second edition-2004 year
2. Herman Kruegle and Frank AbramCCTV Surveillance (Second Edition)
3. Charlie Pierce-The Professional's Guide to CCTV-202 year

cable, while analog cameras require additional wiring to perform similar functionality.

Conclusions

The main purpose of this paper was to find out the role of CCTV cameras on public safety. The effectiveness of CCTV has traditionally been evaluated in terms of its impact on crime. Nevertheless, there is some evidence to suggest that CCTV may increase public feelings of safety, although, overall the reality of this issue is not yet clear due to conflicting findings. The simple fact is that CCTV camera can help prevent crimes and also solve them. Small businesses use the cameras to deter criminal from breaking in. There is an argument to be made however, that if CCTV is in fact successful in making people feel safer, then it is in this sense effective, regardless of any actual impact it has on crime.

Исследование процесса переработки газа с целью улучшения качества получаемой продукции

Уринов Абдорбек Ахрорович, ассистент;

Адизов Аббос Авазович, студент

Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Аслонов Адизхон Ахрорович, магистрант

Ташкентский государственный технический университет (Узбекистан)

В связи с высоким темпом развития народного хозяйства в Республике Узбекистан и ростом потребности в жидких углеводородах увеличение глубины извлечения ценных компонентов из природного газа является важной проблемой.

В настоящее время для увеличения глубины извлечения ценных компонентов из газа используются низкотемпературные процессы, основанные на охлаждении газа за счет его расширения турбодетандерных агрегатах, с получением пропан-бутановой смеси и углеводородного конденсата.

Для Узбекистана впервые ОАО «ЛЕННИИХИММАШ» разработал технологию получения пропан-бутановой смеси для УДП «Шуртаннефтегаз», по которой пропан-бутановая смесь является основным продуктом переработки газа, а стабильный конденсат получают в виде побочного продукта. Технология была внедрена в 1997 году и предназначена для процесса извлечения пропан-бутановой фракции методом частичной конденсации природ-

ного газа, его сепарации при высоком давлении, охлаждения паровой части потока за счет эффекта расширения в турбодетандере с последующим разделением выделенного конденсата в двух ректификационных колоннах. В первой колонне извлекается метан-этановая фракция, а во второй происходит разделение жидкой фазы на пропан-бутановую фракцию и стабильный конденсат. Применение турбодетандерного агрегата, в котором происходит охлаждение газа при его изоэнтропийном расширении, позволило отказаться от внешних источников холода.

На сегодняшний день на Шуртане существует 4 очереди УППБС-1,2 составляет 70–74%, а на УППБС-3,4–78–80%. Усовершенствование процесса переработки газа и получения из него пропан-бутановой фракции на сегодняшний день является актуальной проблемой. Для улучшения качества получаемой продукции и эффективной работы оборудования необходимо провести исследование и на основании полученных данных анализ эффективности существующего оборудования.

Специалисты ОАО «УзЛИТИнефтогаз» совместно со специалистами СП ООО «Шуртангазмахсулот» и УДП «Шуртаннефтегаз» отобрали пробы на входе исходного газа на УПБС-3/3,4, с верхней части сепаратора С-1, на выходе отбензиненного газа с установок с целью определения компонентного состава потоков.

Данные результатов анализа проб исходного газа на входе УПБС-3/3,4, показывают, что молярная доля метана в исходном газе в составляет 90,49% (по проекту — 91,12%), этана — 3,61% (по проекту — 3,78%), пропана — 0,98% (по проекту — 0,89%), бутана — 0,40% (по проекту — 0,37%). Плотность газа при температуре 20 °С и 760 Нг мм — 0,758 кг/м³. Молекулярная масса газа — 18,161.

Данные результатов анализа проб отбензиненного газа на выходе УПБС-3/3,4 показывают, что молярная доля метана в отбензиненном газе 91,54–91,92% (по проекту — 92,095%), этана — 3,36–3,58% (по проекту — 3,817%), пропана — 0,44–0,46% (по проекту — 0,28%), бутана — 0,05–0,07% (по проекту — 0,027%). Плотность газа при температуре 20 °С и 760 Нг мм — 0,737–0,739 кг/м³ (по проекту — 0,733 кг/м³). Молекулярная масса газа — 17,686–17,747 (по проекту — 17,597).

Данные показывают, что в составе сжиженного газа массовая доля этана составляет 3,71–3,97% (по проекту 0,2267%), пропана — 46,91–49,46% (по проекту 52,591%), бутана — 42,40–45,12% (по проекту 47,021%), С₅₊ — 3,77–3,84% (по проекту 0,1611%). Также в составе сжиженного газа присутствуют углекислый газ и азот, массовая доля которых составляет СО₂ — 0,04–0,06% и N₂ — 0,34–0,38%. Плотность жидкости при 20 °С и 760 Нг мм, составляет 530 кг/м³.

Для извлечения целевых продуктов в пределах рассчитанных в проекте технологические параметры режимов работы УПБС-3/3,4 необходимо поддерживать в проектных режимах. Материальный баланс по фракциям С₃, С₄ и С₅₊ в системе УПБС-3/3,4 Шуртан составлен по составам исходного газа, поступающего для переработки на УПБС-3/3,4, отбензиненного газа и сжиженного газа на выходе с УПБС-3/3,4.

Из материального баланса по фракциям С₅₊ в системе УПБС-3/3,4 выявлено, что содержание фракций С₅₊ в составе исходного газа на входе в УПБС-3/3,4 Шуртан составляет 6,77 г/м³ газа или массовая доля — 0,896% (по проекту 7,294 г/м³ газа или массовая доля — 0,974%).

Потери фракций С₅₊ с отбензиненным газом на выходе УПБС-3/3,4 — 0,3 г/м³ газа или массовая доля — 0,041% (по проекту 0,03 г/м³ газа или массовая доля — 0,004%). Унос фракций С₅₊ с СУГ — 0,743 г/м³ газа или массовая доля — 0,098% (по проекту 0,03 г/м³ газа или массовая доля — 0,004%). Количество извлекаемых фракций С₅₊ на УПБС-3/3,4 составляет 5,727 г/м³ или массовая доля — 0,757% (по проекту 7,234 г/м³ газа или массовая доля — 0,066%).

Таким образом, удельное количество конденсата, вырабатываемого на УПБС-3/3,4, составляет 5,727 г/м³ газа.

Средняя молекулярная масса стабильного конденсата — 100 кг/kmol, плотность — 0,685 кг/м³.

Учитывая вышеизложенное, количество стабильного конденсата, вырабатываемого на УПБС-3/3,4, составляет в среднем 1746,7 кг/h при переработке газа в объеме 305000 м³/h (по проекту 2397,5–2734 кг/h при переработке газа в объеме 375000 м³/h).

Из материального баланса по фракциям С₃, С₄ в системе УПБС-3/3,4 выявлено, что содержание фракций С₃, С₄ в составе исходного газа на входе в УПБС-3/3,4 Шуртан в среднем составляет 27,64 г/м³ газа или массовая доля — 3,659% (по проекту 23,250 г/м³ газа или массовая доля — 3,103%).

Потери фракций С₃, С₄ с отбензиненным газом в среднем — 9,704 г/м³ газа или массовая доля — 1,317% (по проекту 4,013 г/м³ газа или массовая доля — 0,536%). Унос фракций С₃, С₄ с конденсатом не наблюдается (по проекту 0,047 г/м³ газа или массовая доля — 0,006%).

Количество извлекаемых фракций С₃, С₄ в среднем — 17,94 г/м³ газа или массовая доля — 2,34% (по проекту 19,190 г/м³ газа или массовая доля — 2,561%).

В процессе ректификации в колонне К-2 в состав получаемого СУГ переходят фракции С₅₊ в количестве 0,743 г/м³ газа (по проекту 0,03 г/м³ газа или массовая доля — 0,004%). Кроме того, согласно результатам анализа, в составе получаемого СУГ присутствуют С₂Н₆, N₂, СО₂ в количестве 0,83 г/м³ газа.

Таким образом, удельное количество СУГ, вырабатываемого на УПБС-3/3,4, составляет 19,513 г/м³ газа.

Учитывая вышеизложенное, количество СУГ, вырабатываемого на УПБС-3/3,4, в среднем составляет 5951,5 кг/h при переработке газа в объеме 300000 м³/h (по проекту 7226,6 кг/h при переработке газа в объеме 375000 м³/h).

По результатам анализа режима работы отдельных элементов, узлов, и всей УПБС-3/3,4 выявлено:

1. Производительность УПБС-3/3,4 по исходному газу составляет 325 · 10³ м³/h или 86% от проектной производительности (по проекту — 375,0 · 10³ м³/h).

2. Давление исходного газа на входе в установку составляет 4,29–4,43 МПа (по проекту 4,7–4,9 МПа), что объясняется снижением давления на входе ГС Шуртан.

Снижение давления на входе установки ниже проектного уровня не позволяет получить необходимый холод для конденсации фракций С₃, С₄. Так же влияет на режим работы сепаратора С-2 и колонны К-1 и приводит к увеличению уноса пропан-бутановой фракции из верхней части аппаратов.

На основании результатов проведенных газоконденсатных исследований и расчетов получено:

1. Расчетное удельное количество СУГ, извлеченного на УПБС-3/3,4, в период проведения газоконденсатных исследований в среднем составляет 19,513 г/м³ (на 1,0 м³ исходного газа).

2. Расчетное удельное количество стабильного конденсата, извлеченного на УППБС-3/3,4, в период проведения газоконденсатных исследований составляет $5,727 \text{ g/m}^3$ (на $1,0 \text{ m}^3$ исходного газа).

Ожидается, что использование низкотемпературных процессов, основанных на охлаждении газа за счет его

расширения в турбодетандерных агрегатах должен обеспечить создание благоприятных условий для развития отрасли, привлечения инвестиций в сферу регионального газоснабжения и прежде всего для модернизации местных газораспределительных сетей, внедрении новых ресурсосберегающих наукоемких технологий.

Литература:

1. Строительство УППБС на сырьевой базе месторождений Шуртанской группы. УППБС-3 (3-я очередь). Рабочая документация. Руководство по эксплуатации. 260–1-0–403-ТХ. РЭ. ООО «Ленхимаш». Санкт-Петербург. 2008.
2. Кубанов, А. Н., Сулейманов В. А., Туревский Е. Н. Анализ вариантов подготовки газа Бованенковского ГКМ и условий эксплуатации газопровода // Газовая промышленность. 1994. № 3.
3. Кубанов, А. Н. Особенности применения НТС для подготовки газа Бованенковского ГКМ // Газовая промышленность. 1994. № 7.

Анализ технологического процесса производства газопродуктов с целью разработки безотходных технологий

Уринов Абдорбек Ахорович, ассистент;

Рахматов Бекзод Бафоевич, студент

Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Собранием Республики Узбекистан суверенитета, была поставлена задача по достижению топливно-энергетической независимости. Из импортера жидких энергоносителей, Узбекистан за последние два десятилетия стал крупным экспортером природного газа, полиэтилена и нефтепродуктов. Тем самым, став одним из влиятельных партнеров на нефтегазовом рынке мира. Рост потенциала нефтегазового сектора стал одним из ключевых приоритетов стратегии экономического и социального роста Узбекистана. Растущий потенциал нефтегазового комплекса страны, способен не только обеспечить возрастающие потребности внутреннего рынка, но и значительно увеличить экспорт.

В стране выпускается солидный перечень наименований нефтепродуктов, продукция переработки газа, появилось такое абсолютно новое направление, как газохимия.

Качество сырья, то есть в данном случае высокое содержание в нем ценных компонентов, определило возможности освоения новых производств.

Одним из негативных аспектов в данном процессе является образование конечного продукта — «желтого масла», которое образуется при щелочной промывке газа. «Желтое масло» периодически удаляется из нижней части колонны щелочной промывки в специальные контейнеры и вывозится за пределы установки на утилизацию.

В настоящее время вопрос утилизации «желтого масла» является актуальным, т.к. он приносит значи-

тельный вред окружающей среде и требует дальнейших исследований.

С целью изучения процесса переработки газопродуктов, был проведен анализ технологического процесса производства этилена на примере производства Шуртанского газохимического комплекса.

В технологическом процессе производства этилена одним из основных оборудований является пирогазовый компрессор.

Для повышения эффективности процесса компримирования и возможности сжатия на следующих ступенях горячий поток пирогаза после каждой ступени сжатия охлаждается оборотной водой и проходит отделение от жидкой фазы в межступенчатых сепараторах. Конденсированные углеводороды и водный конденсат собираются и возвращаются в нижнюю секцию закалочной колонны.

С целью уменьшения засорения компрессора пирогаза продуктами полимеризации и увеличения межремонтного периода производится подача промывочного масла на каждую ступень компримирования.

Ведение процесса очистки пирогаза в колонне щелочной очистки осуществляется регулированием следующих параметров работы колонны:

- скорость циркуляции раствора едкой щелочи;
- объём подпитки свежего раствора щелочи;
- объём подпитки воды разбавления;
- рабочая температура в колонне;
- удаление образовавшегося «желтого масла».

Для обеспечения соответствующей нагрузкой колонну и эффективного контакта пирогаза с раствором едкой щелочи необходима достаточная циркуляция, которая не зависит от потока пирогаза. Объём подпитки свежего раствора едкой щелочи определяет и поддерживает концентрацию в циркулирующих контурах раствора по секциям колонны.

Приготовление раствора едкой щелочи, не отвечающей требованиям, приведет к уносу кислых газов с пирогазом. В этом случае усиление кратности циркуляции не компенсирует низкую концентрацию раствора едкой щелочи. Увеличение добавления едкой щелочи больше нормы приведет к чрезмерной загрузке системы переработки отработанной щелочи.

Высокая концентрация раствора едкой щелочи приводит к забивке закристаллизовавшейся щелочью приборов и трубопроводов, образование полимера с большой молекулярной массой, что вызовет необходимость дополнительного технического обслуживания соответствующих узлов и оборудования. Объём подпитки свежего раствора едкой щелочи при неизменном технологическом режиме в предшествующих установках остаётся постоянным и корректируется только на основании лабораторных анализов при проведении изменений в технологическом режиме.

Температура подаваемого пирогаза в щелочную колонну является одним из основных параметров регулирования режима работы данного узла. Для исключения процесса конденсации углеводородов в щелочном растворе, пирогаз, предварительно перед подачей, нагревают в теплообменнике до температуры не выше 43°C. Превышение температуры выше указанного значения нежелательно, так как может вызвать осаждение растворённых солей и вызвать осложнения в работе щелочной колонны.

Изучение технологического процесса очистки пирогаза показало, что система щелочной очистки сталкивается с рядом проблем, характерных для всех без исключения установок. К ним относятся: засорение «жёлтым маслом» и солями (Fe_2S_3), пенообразование, вследствие высокого коэффициента поверхностного натяжения, формирование стойких эмульсий.

Одной из наиболее типичных проблем в процессе щелочной очистки пирогаза является проблема образования полимера — «жёлтого масла».

Литература:

1. Технический Регламент производства этилена TR 17642168–03:2010.
2. Энциклопедия газовой промышленности. Изд-во «ГВАНТ», М., 1994.

Узел дегазации и слива «желтого масла» предназначен для дегазации «желтого масла», поступающего из кубовой части колонны щелочной очистки пирогаза, загрузки его в контейнеры для дальнейшей утилизации за пределами установки.

Загрязнение системы «жёлтым маслом» приводит к:

- загрязнению внутренних устройств колонны с последствиями снижения эффективности по очистке пирогаза от кислых газов;
- повышению потребления свежей щёлочи;
- повышению расхода отработанной щёлочи, приводящей к увеличению стоимости обработки стоков;
- загрязнению полимером отработанной щёлочи;
- загрязнению Установки Окисления и Нейтрализации Отработанной Щелочи.

На сегодняшний день вопрос утилизации «желтого масла» без нанесения ущерба экологии, является актуальным. Следует отметить, что в каждом конкретном случае при выборе варианта обезвреживания газовых отходов для предприятий необходим дифференцированный подход с учетом как экологических, так и экономических показателей. Включение в целевые экологические программы проблем утилизации отходов, и в частности, утилизации «жёлтого масла» должно стать приоритетной задачей. В связи с этим, к числу первоочередных задач следует отнести организацию и обеспечение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок таких установок, создание эффективных средств и методов переработки и обезвреживания отходов как на региональном уровне, так и на уровне предприятий.

Для решения данного вопроса нами проведены исследования, в результате которых установлено, что при переработке «желтого масла» возможно извлечение ряда химических компонентов, которые могут быть использованы в ряде отраслей таких, как строительство, сельское хозяйство, кожевенно-обувное производство. Использование компонентов «жёлтого масла» в данных отраслях производства позволит не только решить вопрос связанный с загрязнением окружающей среды, но и позволит экономить используемое ими дорогостоящее сырьё.

Сопряжение рабочих органов с рукой робота

Федотов Александр Георгиевич, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

В данной работе рассмотрены методы сопряжения рабочих органов с рукой робота. Таким образом, показана необходимость применения более сложных методов соединения рабочего органа с роботом, чем прямое болтовое скрепление.

Ключевые слова: робот, рабочий орган.

Роботизация различных производственных процессов ставит общую проблему, связанную с креплением рабочих органов на руке робота. Простейшее решение состоит в применении болтового присоединения рабочих органов к установочному фланцу запястья робота. Если предъявляются высокие требования к повторяемости, требуется некоторая модификация метода болтового соединения. Если по условиям работы велика вероятность аварий, осуществляется монтаж рабочих органов с предохранительными элементами или с устройствами предупреждения аварий. В случаях, когда один робот должен выполнять большое количество различных задач, наиболее эффективным решением может быть применение механизма быстрой замены в сочетании с устройством хранения комплекта быстросменного инструмента. Во многих областях применения роботизированной сборки возникает потребность в использовании активных устройств переменной податливости или управляемых модулей восприятия нагрузки. Правильное применение указанных методов стыковки рабочих органов с рукой робота обеспечивает эффективную и устойчивую работу гибкого производственного модуля.

Метод прямого болтового, соединения привлекает своей простотой. Однако при необходимости частого демонтажа рабочих органов с целью проведения их технического обслуживания возникает необходимость в дополнительных мерах обеспечения точности. При повторной установке демонтированного рабочего органа должно обеспечиваться точное его расположение относительно установочного фланца запястья. Несоблюдение этого требования приводит к смещению всех запрограммированных точек. Предлагается общее решение — установка контрольных штифтов, обеспечивающих точную посадку рабочих органов на руке робота. Наиболее часто штифты располагаются на фланце запястья.

Во многих технических приложениях, например при дуговой сварке роботу приходится маневрировать среди большого количества препятствий. Случайные ошибки в программе или неправильное нажатие на кнопку оператором могут привести к столкновениям и повреждению робота. Один из методов предотвращения аварии или уменьшения тяжести повреждений состоит в установке между запястьем и рабочим органом, в данном случае сварочной головкой, упругого модуля, воспринимающего нагрузку.

Его задача — компенсировать силовые нагрузки, возникающие при нормальной работе производственного комплекса. При дуговой сварке в рабочем режиме сварочная головка испытывает незначительные по величине усилия. Поэтому модуль, воспринимающий нагрузку, может иметь небольшие размеры.

При значительных размерах рабочих органов роботов внешние нагрузки могут быть настолько большими, что метод подпружиненного монтажа не обеспечит необходимую безопасность. В этом случае конструкция самого рабочего органа должна обладать устойчивостью к повреждениям, Это достигается ужесточением всех элементов конструкции или введением компонентов, разделяющихся под нагрузкой, превышающей допустимую, например конструкции со срезными штифтами. Очевидно, что прочность предохранительных устройств должна быть ниже прочности конструкции самого робота. Предохранительное устройство должно быть самым слабым звеном системы.

Электрические, пневматические и другие линии должны подводиться к рабочим органам роботов через легко разъединяющиеся разъемы. Это значительно упрощает процедуры удаления и замены рабочих органов. Усилие сцепления в элементах разъемов как робота, так и рабочего инструмента должно быть незначительным, чтобы избежать разрыва шлангов и электрических приводов при возможном их запутывании или защемлении.

Механизмы быстрой замены наделяют робот способностью использовать много различных рабочих органов в период одного рабочего цикла. Большинство систем быстрой замены рабочих органов содержат переходной узел робота, сопряженный с переходным узлом рабочего инструмента, а также устройство хранения комплекта инструмента. Переходной узел робота крепится на установочном фланце запястья и соединяет робот с электрическими и пневматическими системами питания. Этот узел захватывает и стопорит переходный узел инструмента. При этом выполняется автоматическое соединение пневматических и электрических линий робота и инструмента. Переходной узел инструмента обеспечивает подвод электрических и пневматических сигналов к рабочему органу и одновременно служит базой для закрепления самого рабочего органа. Устройство хранения содержит комплект рабочих органов с инструментальными патронами, не участвующих в данной технологической операции.

Эффективность механизма быстрой замены проявляется только в том случае, если в технологическом процессе участвуют более трех рабочих органов. Если потребуется только два рабочих органа, первый из них должен быть спроектирован таким образом, чтобы он получил возможность захвата и манипулирования вторым рабочим органом. Кабели и шланги должны подвешиваться между двумя рабочими органами. Например, если робот выполняет подачу и перемещение деталей, а в одной точке цикла необходимо использовать винтоверт для заворачивания нескольких винтов, целесообразней сконструировать рабочий орган в виде схвата, способного манипулировать как винтовертом, так и деталями, чем оснащать робот системой быстрой замены.

Активное устройство переменной податливости создает условия для самоцентрирования вала в отверстии и создания соответствующего силового воздействия при установке вала. Это устройство повышает эффективность роботизированной сборки, поскольку расширяет поле допустимых погрешностей взаимного расположения робота и детали. При большей длине вала применение устройства переменной податливости позволяет исключить заклинивание, вызванное погрешностями взаимного расположения вала и траектории движения робота, Модули, воспринимающие нагрузку, могут монтироваться между рукой робота и схватом. Они предназначены для контроля дей-

ствующих внешних усилий. В случае роботизированного шлифования шероховатых поверхностей можно контролировать усилие резания и смещать направление траектории движения робота вверх или вниз. Направление деформации упругого элемента модуля восприятия усилия должно совпадать с направлением прогнозируемого усилия.

Рассмотрена задача сборки детали, имеющей паз под скользящую шпонку, с валом, в который вложена шпонка. Взаимная первоначальная ориентация направляющих поверхностей охватывающей детали и вала неизвестна. Для выполнения сборки робот оснащается связанными между собой устройствами восприятия нагрузки и податливости. Первое может контролировать усилие, развиваемое при сопряжении деталей. Если оно достигает слишком большой величины (направляющие поверхности не сцентрированы), робот может вращать деталь на небольшой угол и повторять сборочную операцию. Активное устройство переменной податливости может компенсировать несцентрированность, когда деталь начинает скользить по валу. [1–6]

Таким образом, показана необходимость применения более сложных методов соединения рабочего органа с роботом, чем прямое болтовое скрепление. Для выбора соответствующего типа монтажа необходимо выполнять анализ условий функционирования робота и рабочего инструмента.

Литература:

1. Поезжаева, Е. В. Промышленные роботы: учеб. пособие: в 3 ч./Е. В. Поезжаева. — Пермь Изд-во Пермь. гос. тех. ун-та, 2006. — Ч. 1. — 64 с.
2. Зенкевич, С. Л., Ющенко А. С. Управление роботами. — М.: Изд-во МГОУ им. Н. Э. Баумана, 2006.
3. Корендяев, А. И. Теоретические основы робототехники: в 2 кн./А. И. Корендяев, Б. Л. Саламандра, Л. И. Тывес; отв. Ред. С. М. Каплунов. — М.: Наука, 2006.
4. Хорн, Б. К. Зрение роботов. — М.: Мир, 1989.
5. Михайлов, С. В., Романов В. В., Заикин Д. А., Система технического зрения для диагностики процесса резания материалов//Вестник компьютерных и информационных технологий., 2007, № 4, стр. 23–26
6. В. И. Сырякин, В. С. Титов, Ю. Г. Якушенков, Системы, технического зрения-МГП «РАСКО», 1992

Понятия технической нормы в машиностроении

Хамроев Хамза Хамидович, ассистент;
Кулдошев Элёр Иброхимович, ассистент;
Авазова Дилнора, студент;
Наботов Сиёвуш Исматович, студент

Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Под техническим нормированием понимается установление нормы времени на выполнение определённой работы или нормы выработки в штуках на единицу времени.

Техническая норма времени — это время (в минутах или долях минуты), устанавливаемой на выполнение данной операции при определённых организационно-технических условиях и наиболее эффективном использо-

вании всех средств производства с учётом передового производственного опыта.

При выборе оптимальных вариантов технологических процессов обработки деталей и сборки изделий, наряду с другими технико-экономическими показателями пользуются нормой времени для оценки технологического процесса.

При установлении нормы времени необходимо обеспечить следующие условия:

1) работы должна выполняться рабочим соответствующей квалификации;

2) должны быть применены наиболее эффективные для данной работы приспособления инструменты;

3) должны быть установлены оптимальные режимы резания, исходя из возможности рационального применения одновременной обработки нескольких деталей, одновременной работы несколькими инструментами и т. п.

4) припуски на обработку должны быть оптимальными, сорт и качество материала — нормальными для данного завода; станок должен быть исправным, а качество инструмента нормальным;

5) в норму времени не должны быть включены те ручные приёмы, которые могут быть выполнены одновременно с работой станка;

6) в норму времени не должно включаться время на исправление забракованных деталей или на изготовление взамен их новых;

7) организация рабочего места должна предусматривать заблаговременную доставку к нему чертежей и нарядов на работу, материалов, инструментов и приспособлений, а также сдачу их по окончании работы вспомогательными рабочими;

8) заточка инструмента должна быть централизованной, т. е. инструмент должен затачиваться в заточном отделении цеха специальными рабочими — заточниками;

9) в норму времени не должны входить потери времени из-за каких-либо организационных неполадок (перерыв в подаче электроэнергии, задержка в доставке материала и др.);

10) норма времени должна устанавливаться в расчёте на нормальные условия работы, и какие-либо потери времени, связанные с отклонениями от нормальных условий, как зависящие от рабочего, так и не зависящие от него, не входят в норму.

Структура нормы времени на обработку. Норма штучного времени при выполнении станочных работ состоит из следующих основных частей:

- 1) основного или технологического времени;
- 2) вспомогательного времени;
- 3) времени обслуживания рабочего места;
- 4) времени перерывов на отдых и физические потребности.

Основное (технологическое) время — это время, в течение которого производится снятие стружки, т. е. происходит изменение формы, размеров и внешнего вида детали.

Вспомогательное время — это время, которое необходимо для выполнения вспомогательных операций (действий). Во вспомогательное время входит:

а) время на управление станком (включение и выключение станка, останов, переключение скорости или подачи и т. д.);

б) время на установку, закрепление и снятие приспособления, инструмента, детали;

в) время на приёмы измерения детали (взять инструмент, измерить, отложить и т. п.);

Основное и вспомогательное время в сумме составляют время оперативной работы или *оперативное время*.

Когда норма времени даётся на изготовление одной детали (штуки), она называется *нормой штучного времени*.

Время обслуживания рабочего места подразделяется на техническое и организационное.

Время технического обслуживания рабочего места затрачивается рабочим на уход за рабочим местом в процессе данной работы. Сюда входит:

а) время на подналадку и регулировку станка в процессе работы;

б) время на смену затупившегося инструмента;

в) время на правку инструмента в процессе работы;

г) время на удаление стружки во время работы.

Время организационного обслуживания рабочего места затрачивается рабочим на уход за рабочим местом в течение смены. Сюда входит:

а) время на раскладку инструмента в начале смены и уборку его по окончании смены;

б) время на чистку и смазку станка;

в) время на осмотр и опробование станка.

Время перерывов на отдых и физические потребности может принято лишь в размере, регламентированном условиями производства и условиями работы на данном станке, причём время перерывов на отдых входит в норму времени только в случае физически тяжёлых или утомительных работ. Время перерывов на отдых и физические потребности исчисляется суммарно в процентах к оперативному времени.

Подготовительно-заключительное время устанавливается на всю партию деталей и в норму штучного времени не входит; оно включается в калькуляционное время. В подготовительно-заключительное время входит:

а) время на ознакомление рабочего с работой и на чтение чертежа;

б) время на подготовку рабочего места, настройку станка, инструмента и приспособления для обработки заданной партии деталей;

в) время на снятие инструмента и приспособлений по окончании обработки данной партии деталей.

В массовом производстве, а также в крупносерийном, близком по организации технологического процесса к массовому, подготовительно-заключительное время в норму времени станочника не входит, так как настройку станка,

инструмента и приспособлений, а также подготовку рабочего места производят до начала смены специальные наладчики и вспомогательные рабочие. В серийном производстве настройку станка, инструмента и приспособлений и подготовку рабочего места также производят специальные наладчики и вспомогательные рабочие, но некоторая небольшая часть подготовительно-заключительного времени приходится и на станочника. В единичном и мелкосерийном производстве настройку станка, инструмента и приспособлений и подготовку рабочего места выполняется самим рабочим, и время затрачиваемое им на эту работу достигает значительных размеров. В норму штучного времени это время не включается, но нормируется отдельно и оплачивается рабочему по отдельной расценке.

Норма штучного времени выражается следующей формулой:

$$t_{шт} = t_o + t_b + t_{об} + t_{\phi}$$

где $t_{шт}$ — норма штучного времени; t_o — основное (технологическое) время; t_b — вспомогательное время; $t_{об}$ — время обслуживания рабочего места; t_{ϕ} — время на физические потребности.

Штучное-калькуляционное время определяется

$$t_{шт-к} = t_o + t_b + t_{об} + t_{\phi} + t_{п-з}/n$$

где $t_{п-з}$ — подготовительно-заключительное время; n — количество деталей в партии.

Определение квалификации работы. При установлении нормы времени на выполнение данной операции на выбранном станке определяется также разряд квалификации

работы по тарифно-квалификационному справочнику соответствующей отрасли промышленности. Требования, предъявляемые к рабочему для выполнения работы в отношении знания, навыков и степени самостоятельности, определяют *разряд* квалификации рабочего. Чем больше при выполнении данной работы требуется знаний, опыта и самостоятельности, тем выше должен быть разряд исполнителя.

При единичном производстве требуется умение наладить станки, устанавливать деталь и инструмент, пользоваться измерительным инструментом общего назначения, поэтому квалификация рабочего должна быть высокой.

В серийном производстве работа специализирована и поэтому квалификация рабочего может быть ниже.

В массовом производстве при высокой механизации и автоматизации труда, концентрации операций на одном станке требуются рабочие высокой квалификации; при дифференциации процесса обработки на элементарные операции могут быть использованы рабочие низкой квалификации.

Тарифная сетка состоит из квалификационных разрядов, для которых соотношение ставок оплаты труда выражается тарифным коэффициентом, определяющим отношение каждого тарифного разряда к первому разряду.

Ставка оплаты труда устанавливается для первого разряда; для других разрядов оплата определяется умножением ставки первого разряда на тарифный коэффициент данного разряда.

Литература:

1. Егоров, М. Е., Дементьев В. И., Дмитриев В. Л. Технология машиностроения. М.; Высшая школа, 1976. — 534 с.
2. Основы технологии машиностроения Под ред. В. С. Корсакова. М.: Машиностроение, 1977. — 416 с.
3. Балакшин, Б. С. Теория и практика технологии машиностроения. Кн. 1. Технология станкостроения. М.: Машиностроение, 1982.—239 с.

Выбор и расчет зажимных устройств и силовых приводов

Хамроев Хамза Хамидович, ассистент;
Кулдошев Элёр Иброхимович, ассистент;
Тангриев Иззат, студент

Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Зажимными устройствами называют механизмы, устраняющие возможность вибрации или смещения заготовки относительно установочных элементов приспособления под действием собственного веса или сил, возникающих в процессе обработки. Принцип работы зажимных устройств заключается в том, чтобы выработать и приложить к заготовке требуемую силу закрепления,

величина которой была определена по результатам силовых расчетов. Зажимные механизмы могут использоваться в компоновках с различными механизированными приводами (силовыми узлами), которые вырабатывают исходную силу закрепления. На рис. 1 приведена общая схема взаимодействия силового узла и зажимного устройства в процессе закрепления заготовки в приспособлении.

Установочные элементы

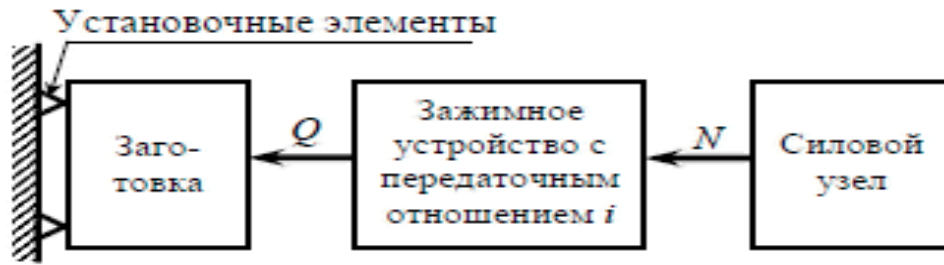


Рис 1. Структурная схема закрепления заготовки

Q — требуемая сила закрепления, которую вырабатывает зажимное устройство;
 N — исходная сила закрепления, которую вырабатывает силовой узел;
 i — передаточное отношение зажимного устройства ($i = Q/N$)

По конструкции зажимные устройства обычно являются усилителями, т.е. сила Q , вырабатываемая зажимным механизмом, может быть в несколько раз больше чем исходная сила закрепления ЛГ, вырабатываемая силовым узлом, в этом случае $i > 1$. Возможен и противоположный вариант, когда $i < 1$.

Зажимные устройства приспособлений подразделяют на простые и комбинированные, состоящие из нескольких простых механизмов. К простым относят клиновые, винтовые, рычажные, эксцентриковые. Данный класс механизмов обычно называют *зажимками*.

Силовые узлы по конструкции и принципу работы подразделяют на пневматические, гидравлические, магнитные, электрические и др. Наиболее широкое распространение в конструкции механизированных приспособлений получили пневматические силовые узлы, которые изготавливаются в виде пневматических цилиндров (пнеумоцилиндров) и диафрагменных пневматических камер (пнеумокамер), также часто применяют гидравлические цилиндры (гидроцилиндры).

В зависимости от типа зажима и силового узла зажимные устройства можно классифицировать по степени механизации на ручные, механизированные и автоматизированные. Ручные зажимные механизмы требуют применения значительной мускульной энергии рабочего при закреплении и откреплении заготовки. Механизированные работают от привода и используют различные силовые узлы: гидравлические, пневматические, электрические. Автоматизированные зажимные устройства приводятся в действие рабочими органами станка без участия рабочего.

Зажимные устройства можно не применять в двух случаях: при обработке тяжелых устойчивых заготовок, когда силы, действующие на заготовку, значительно меньше, чем её вес; когда силы резания приложены так, что не могут нарушить положение заготовки.

Рассмотрим кратко принцип работы и особенности расчетов зажимных механизмов и силовых узлов различного вида.

Для технологических процессов единичного и мелкосерийного производства характерно построение операций по принципу концентрации. В среднесерийном производстве часто используют оба принципа. В массовом и крупносерийном производстве в основном применяется принцип дифференциации операций, особенно если используются поточные и автоматические линии с использованием специального оборудования.

При разработке технологической операции необходимо стремиться к уменьшению штучного времени. Очень эффективным направлением в этом плане является оптимизация построения схемы станочной операции. Для этого используются:

- одноместные и многоместные схемы (по числу одновременно устанавливаемых для обработки заготовок);
- одноинструментальные и многоинструментальные схемы (по числу участвующих в обработке инструментов);
- схемы последовательного, параллельного и параллельно-последовательного выполнения (по очередности участия в работе режущих инструментов).

Выбор модели станка определяется, прежде всего, возможностью изготовления на нем деталей необходимых размеров, конфигурации и шероховатости. Если эти требования можно обеспечить на различных станках, то конкретную модель оборудования выбирают из следующих соображений:

- соответствия размеров рабочей зоны станка габаритам заготовки;
- соответствия точности станка заданной точности детали;
- соответствия его производительности расчетной;
- соответствия мощности оборудования потребной мощности;
- возможности автоматизации и механизации выполняемых на этом станке работ;
- обеспечения минимальных затрат по себестоимости продукции...

При выборе оборудования с использованием ЧПУ, кроме вышесказанного необходимо учитывать объем ин-

струментального магазина, количество управляемых координат, постпроцессор и др. Технические характеристики ряда станков можно найти в литературе [4].

Таким образом, на этапе разработки операции определяется тип и модель станка, установочно-зажимное приспособление, режущий, вспомогательный и мерительный инструмент и оснастка, СОЖ, количество одновременно изготавливаемых деталей, технологические базы, схема последовательности обработки поверхностей, последовательность выполнения переходов и т. д.

Одновременно с выбором станка и приспособления для каждой операции выбирается необходимый режущий инструмент, обеспечивающий достижение наибольшей производительности, требуемой точности и класса шероховатости обработанной поверхности; указывается краткая характеристика инструмента, наименование и размер, марка материала и номер стандарта. Если для данной операции требуется специальный инструмент, то в технологической документации отмечается — «специальный инструмент».

Литература:

1. Егоров, М.Е., Дементьев В.И., Дмитриев В.Л. Технология машиностроения. М.; Высшая школа, 1976. — 534 с.
2. Основы технологии машиностроения Под ред. В.С. Корсакова. М.: Машиностроение, 1977. — 416 с.
3. Балакшин, Б.С. Теория и практика технологии машиностроения. Кн. 1. Технология станкостроения. М.: Машиностроение, 1982. — 239 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т./под ред. А.Г. Косилова и Р.К. Мещерякова. — 5-е изд. перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 2003.

Параметризация процесса протекания жидкости через водослив с широким порогом

Шаланин Виктор Александрович, аспирант, старший преподаватель
Дальневосточный федеральный университет

В предлагаемой статье рассматривается процесс параметризации процесса протекания жидкости через водосливы с широким порогом различных форм и конфигураций. Параметризация исследуемых задач в гидравлике проводится перед проведением натуральных экспериментов на уменьшенных (или увеличенных) копиях сооружений. В представленной работе разработан алгоритм для поиска критериев подобия при составлении параметрического уравнения.

Ключевые слова: параметризация, поток, число Фруда, число Рейнольдса, классификация, водослив.

Под моделированием в широком значении этого слова понимается описание какого-то явления через его образ, эквивалентный исходному явлению (прототипу) в некотором смысле. Изучая образ реального объекта, можно получить характеристику исследуемого явления — по крайней мере в рамках принятых представлений об эквивалентности. Согласно теории подобия, основным условием, допускающим пересчет от одного процесса к другому, является равенство всех возможных взаимно независимых безразмерных комбинаций их характеристик. Комбинации этих характеристик получили название критериев подобия.

Для решения проблемы был использован полуэмпирический метод анализа размерностей, основанный на применении π -теоремы. π -теорема — основная теорема анализа размерностей. Теорема утверждает, что если имеется зависимость между n физическими величинами, не меняющая своего вида при изменении масштабов единиц в некотором классе систем единиц, то она эквивалентна зависимости между меньшим числом $p = n - k$ безразмерных величин, где k — наибольшее число величин с независимыми размерностями среди исходных n величин. π -теорема устанавливает общую структуру зависимости, вытекающую из требования инвариантности физической зависимости при изменении масштабов единиц, даже если конкретный вид зависимости между исходными величинами неизвестен.

На основе анализа размерностей из перечня существенных для процесса физических величин можно выделить критерии подобия, входящие в критериальное уравнение. Так называемая Π -теорема утверждает, что число безразмерных комплексов равно числу физических величин, существенных для процесса, минус число первичных величин.

В число основных факторов, влияющих на поведение потока жидкости, были включены следующие: глубина потока жидкости в верхнем бьефе (H), ускорение свободного падения (g) и плотность рассматриваемой жидкости (ρ).

Ранее в работе А. Д. Альтшуля [1] была произведена параметризация, величины влияющие на процесс имели вид:

$$f = f(H, \rho, g, V, \mu, \sigma, p, L), \tag{1}$$

где: H - глубина потока в верхнем бьефе, ρ — плотность жидкости, g — ускорение свободного падения, μ — коэффициент динамической вязкости жидкости, σ — коэффициент поверхностного натяжения, p — высота порога водослива, L — длина водослива.

Используемый А. Д. Альтшулем набор основных величин способен качественно описывать только случай свободного истечения через водослив, не учитывая условия подтопления и конструктивные особенности водослива. Исходя из данного вывода, был выполнен подбор величин, позволяющий максимально учитывать особенности каждого рассматриваемого случая. В нашем случае был добавлен параметр l_i — представляющий собой линейную характеристику присутствующую в рассматриваемой задаче, и $\sin\alpha_i$ — характеризующий величину углов. Таким образом величины влияющие на процесс будут иметь вид:

$$f = f(H, \rho, g, V, \mu, \sigma, l_i, l_{i+1}, \dots, l_{i+n}, \sin\alpha_i, \sin\alpha_{i+1}, \dots, \sin\alpha_{i+n}) \tag{2}$$

Первый π -член включающий скорость подхода V будет равен:

$$\Pi_1 = H^x \rho^y g^z V^1. \tag{3}$$

На основании уравнения размерностей:

$$L^x \left(\frac{M}{L^3}\right)^y \left(\frac{L}{T^2}\right)^z \left(\frac{L}{T}\right)^1 = M^0 L^0 T^0. \tag{4}$$

Приравнивая показатели степени при одноименных размерностях в правой и левой частях уравнения, получим систему из трех уравнений для определения показателей x, y, z :

для L : $x - 3y + z + 1 = 0$;

для T : $2z - 1 = 0$;

для M : $y = 0$;

Решение этой системы $x = -\frac{1}{2}, y = 0, z = -\frac{1}{2}$ позволяет получить Π -член:

$$\Pi_1 = \frac{V}{\sqrt{Hg}} = \frac{V^2}{Hg}. \tag{5}$$

Поступая аналогичным образом, получим остальные π -члены.

$$\Pi_2 = H^x \rho^y g^z \mu^1$$

$$\Pi_2 = \frac{\mu}{H\sqrt{Hg}}$$

$$\Pi_3 = H^x \rho^y g^z \sigma^1$$

$$\Pi_3 = \frac{\sigma}{H^3 g \rho}$$

$$\Pi_4 = H^x \rho^y g^z l_i^1$$

$$\Pi_4 = \frac{l_i}{H}$$

$$\Pi_5 = \sin\alpha_i$$

Сведя воедино все полученные критерии, подобия получим полное критериальное уравнение, характеризующее рассматриваемую задачу:

$$F = \left(\frac{V^2}{Hg}, \frac{\mu}{H\sqrt{Hg}}, \frac{\sigma}{H^3 g \rho}, \frac{l_i}{H}, \frac{l_{i+1}}{H}, \dots, \frac{l_{i+n}}{H}, \sin\alpha_i, \sin\alpha_{i+1}, \dots, \sin\alpha_{i+n} \right) = 0 \tag{6}$$

Или аналогично [2]:

$$F = \left(Fr, Re, We, \frac{l_i}{H}, \frac{l_{i+1}}{H}, \dots, \frac{l_{i+n}}{H}, \sin\alpha_i, \sin\alpha_{i+1}, \dots, \sin\alpha_{i+n} \right) = 0 \tag{7}$$

где: Fr — число Фруда, Re — число Рейнольдса, We — число Вебера.

Для определения конечного параметрического уравнения предлагается использовать следующий алгоритм подбора:

1. Определение вида протекающей жидкости;
2. Определение характера истечения жидкости (сводное истечение или затопленный водослив);

Таблица 1. Критерии геометрического подобия водосливов

Конструктивный элемент	Группа критериев	Название характеристики	Обозначение критерия подобия
Гребень водослива (рис. 1.)		Длина водослива	L/H
		Ширина водослива	b/H
		Высота порога водослива	p/H
		Глубина в нижнем бьефе	h/H
Поперечное сечение водослива (рис. 2.)	Треугольное сечение	Угол выреза	$\sin \varphi$
	Круглое сечение	Радиус кривизны поверхности дна	r/H
Направляющие быки (рис. 3.)	Остроконечные быки	Ширина быка	$b_{\text{быка}}/H$
		Угол среза быка	$\sin \Omega$
	Скругленные быки	Ширина быка	$b_{\text{быка}}/H$
		Радиус скругления	r_6/H
Входное ребро водослива (рис. 1.)	Наклонное ребро	Угол наклона ребра	$\sin \alpha$
	Скругленное ребро	Радиус скругления ребра подхода	R/H
Боковое сжатие водослива (рис. 4.)	Наклонное боковое ребро	Угол наклона ребра	$\sin \theta$
		Ширина подводящего канала	B/H
	Скругленное боковое ребро	Радиус скругления ребра	$r_{\text{под}}/H$
		Ширина подводящего канала	B/H

3. Определение кинетических характеристик потока (скорость подхода жидкости);
4. Определение геометрической формы водослива;
 - 4.1 Основные характеристики (ширина, длина и высота порога);
 - 4.2 Характеристики поперечного сечения водослива (прямоугольное, треугольное или круглое сечение);
 - 4.3 Наличие направляющих быков и их форма;
 - 4.4 Форма входного ребра водослива;
 - 4.5 Наличие бокового сжатия.

Основные линейные и угловые критерии подобия для различных форм и видов водосливов сведены в таблицу 1. Основные формы и геометрические характеристики водосливов с широким порогом представлены на рисунках 1–3.

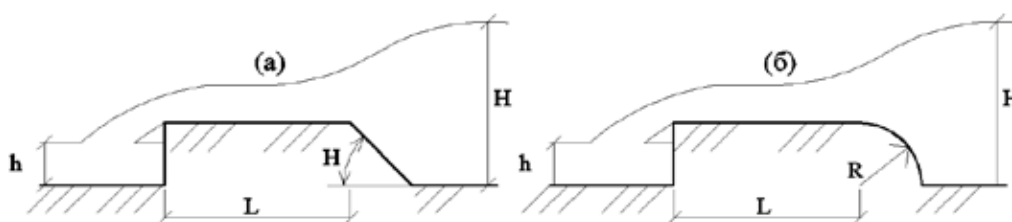


Рис. 1. Методы подвода воды к водосливу с широким порогом: а — с наклонным входным ребром, б — с скругленным входным ребром

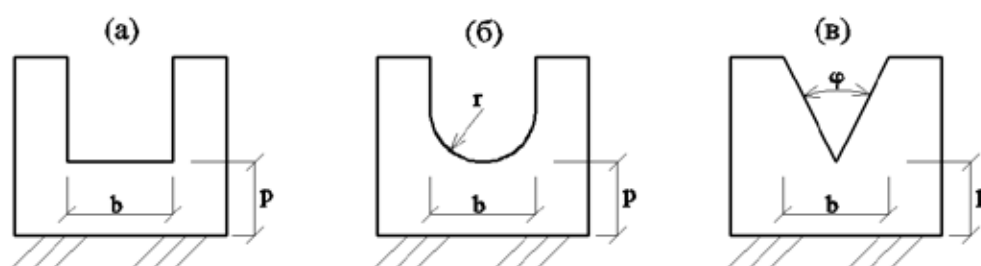


Рис. 2. Виды поперечных сечений водослива с широким порогом: а — прямоугольное сечение, б — круглое сечение, в — треугольное сечение



Рис. 3. Форма направляющих быков: а — остроконечная, б — скругленная

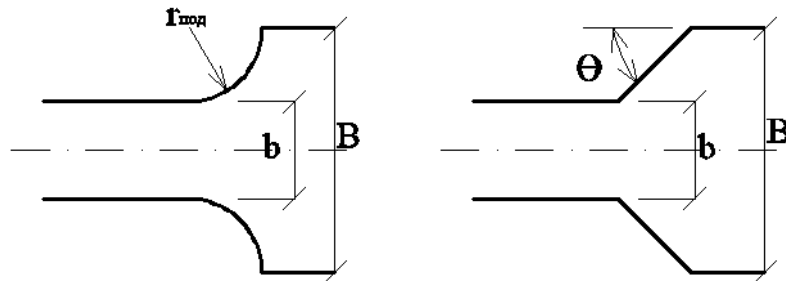


Рис. 4. Форма бокового сжатия водослива: а — с скругленным боковым ребром, б — с наклонным ребром

Результатом проведенных исследований является метод получения полного параметрического уравнения, позволяющего максимально точно моделировать водосливы с широким порогом. Полученное критериальное уравнение согласуется с данными А.Д. Альтшуля и имеет большее число учитываемых геометрических характеристик задачи. Представленный в статье алгоритм позволяет эффективно подбирать критерии подобия в зависимости от рассматриваемого случая.

Литература:

1. Альтшуль, А.Д. Истечение из отверстий жидкостей с повышенной вязкостью // Нефтяное хозяйство. 1950. № 2. с. 55–60.
2. Медзвелия, М.Л., Пипия В.В. Коэффициент расхода водослива с широким порогом в области малых напоров // Вестник МГСУ. 2013. № 4. с. 167–171.

Холодная правка металлической полосы на семироликовой листопрямильной машине

Шинкин Владимир Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

Предложен метод определения оптимальных технологических параметров холодной правки стального листа на семироликовой листопрямильной машине. Расчеты позволяют определить вид и кривизну нейтральной линии стального листа при правке, а также остаточную кривизну листа после правки в зависимости от радиуса рабочих роликов, шага между роликами правильной машины, величины обжатия листа верхними и нижними роликами, толщины листа, а также модуля Юнга, предела текучести и модуля упрочнения металла листа. Результаты исследований могут быть использованы на металлургических заводах по производству стального листа.

Ключевые слова: стальной лист, кривизна поверхности листа, многороликовые листопрямильные машины.

Семироликовая машина для холодной правки стальных листов. Обязательным технологическим процессом производства стального листа является его правка на многороликовых листопрямильных машинах [1–62]. Для получения хорошей плоскостности стального листа и снятия остаточных напряжений в стенке листа современные металлургические комплексы по производству листа оборудованы несколькими листопрямильными машинами, способными править листы с пределом текучести металла до 1200 Н/мм² за один проход. На рис. 1 и 2 показана семироликовая листопрямильная машина для правки стального листа.

При расчетах мощности электродвигателей приводов листопрямильных машин в их основу часто закладываются очень грубые предположения о величине изгибающих моментов в точках касания листа с роликами. Постулируется, что эти моменты равны нулю на крайних роликах, а моменты на внутренних роликах одинаковы и равны полусумме моментов при чисто упругом и чисто пластическом изгибе листа [1–4]. В действительности эти предположения неверны, так как изгибающие моменты на внутренних роликах непостоянны и существенно меняются от ролика к ролику. Окончательные энергосиловые оценки работ отличаются друг от друга в 2–3 раза и, главным образом, предназначены для конструкторов правильных машин.



Рис. 1. Семироликовая листопрямильная машина



Рис. 2. Стальной лист между рабочими роликами семироликовой листопрямильной машины

Мощность электродвигателей приводов листопрямильных машин, поставляемых на металлургические заводы, задана сверху производителем в технической документации. Поэтому основная задача технологов при правке листа заключается в расчете оптимальных режимов обжатия выправляемого металла рабочими роликами листопрямильных машин таким образом, чтобы на выходе из машины лист имел минимальные остаточные напряжения и кривизну (зарубежные производители, как правило, не сообщают эти режимы российскому покупателю их оборудования, который вынужден подбирать оптимальные режимы методом проб и ошибок).

Решению этой основной задачи и посвящена данная работа на примере семироликовой машины для холодной правки листов.

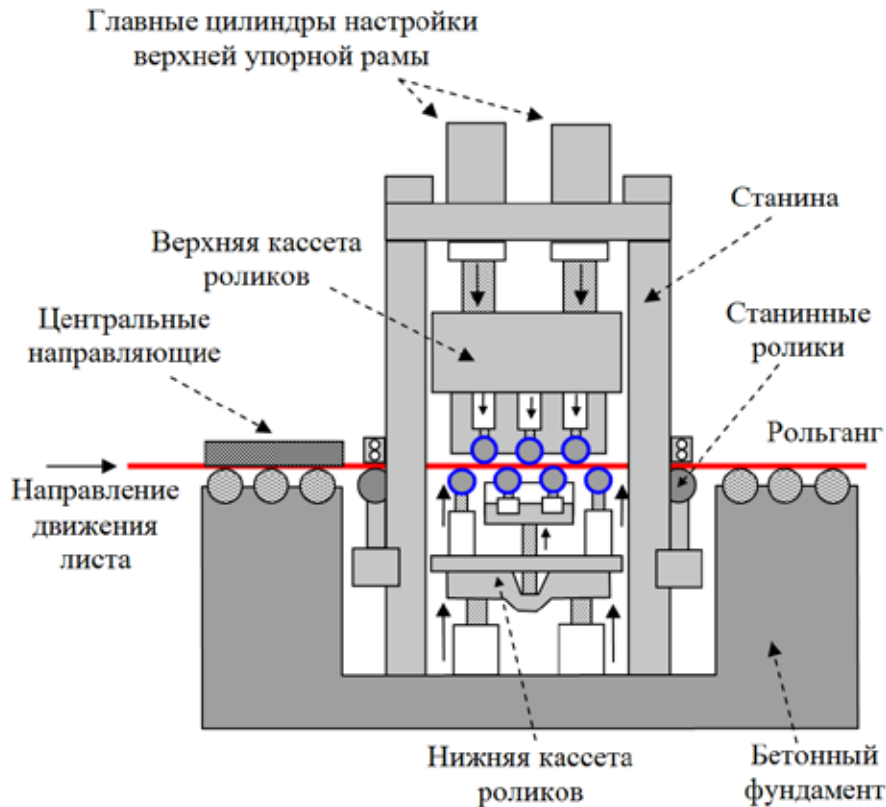


Рис. 3. Кинематическая схема семироликовой листопрямильной машины

Кинематическая схема полностью гидравлической семироликовой правильной машины показана на (рис. 3). Машина предназначена для холодной правки листа шириной $1500 \div 4850$ мм, толщиной $7 \div 50$ мм, длиной до 40 м, с пределом текучести металла до 1000 МПа при температуре листа до 150° . Максимальное усилие правки 4000 т. позволяет править высокопрочные стальные листы. Система управления и настройки машины обеспечивают возможность правки листа в реверсивном режиме.

Перед правильной машиной расположены параллельные центральные направляющие, предназначенные для центровки листа перед его подачей в правильную машину. Для заполнения пространства между рольгангом и правильными роликами на входе и выходе из правильной машины расположены по одному приводному станинному ролику. Для удобства заправки тонких листов используется прижимной ролик с гидравлическим приводом, установленный на входной стороне правильной машины.

Клеть правильной машины закреплена на бетонном фундаменте и состоит из двух станин, нижней поперечной балки и верхних распорных балок. Рама верхних и нижних роликов предназначена для размещения правильных роликов с подшипниками и опорных роликов с пятками и пружинами. Над верхней упорной рамой установлены четыре главных цилиндра настройки, которые могут ее поднимать, опускать, наклонять и поворачивать. В силу этого правильная машина может править конусный лист. Кассета нижних роликов установлена на нижней поперечной балке.

Правка стального листа осуществляется семью приводными рабочими правильными роликами — тремя верхними правильными роликами и четырьмя нижними правильными роликами. Нижние входные и выходные правильные ролики снабжены отдельными системами настройки их вертикального положения с помощью клиновых пар и гидроцилиндров с позиционным управлением. Раздельное регулирование правильных роликов позволяет вывести отдельные верхние и нижние ролики из процесса правки путем их вертикального перемещения с помощью системы регулирования клиньев.

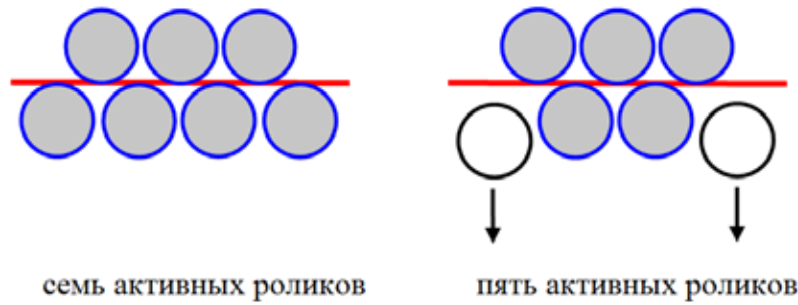


Рис. 4. Варианты расположения активных роликов семироликовой листопрямительной машины

Подобным образом можно уменьшить количество активных правильных роликов, например, с 7 до 5, что позволяет использовать или увеличить диапазон правки приблизительно на 50% (рис. 4).

Правка листа на семироликовой листопрямительной машине. Пусть t – шаг между нижними правильными роликами; H_i – величина обжатия срединной поверхности стального листа на i -ом правильном ролике (для нижних роликов положительным направлением обжатия считается направление вверх, для верхних роликов – вниз), h – толщина стального листа, R – радиус рабочих роликов, $R_0 = R + h/2$; σ_t , E , Π_p и Π_c – предел текучести стали, модуль Юнга и модули упрочнения стали при растяжении и сжатии; ρ_i и $\varepsilon_i = 1/\rho_i$ – радиусы кривизны и кривизна срединной линии листа в точках касания листа с рабочими роликами, φ_i – углы точек касания листа и роликов ($i = 1 \dots 7$) (рис. 5).

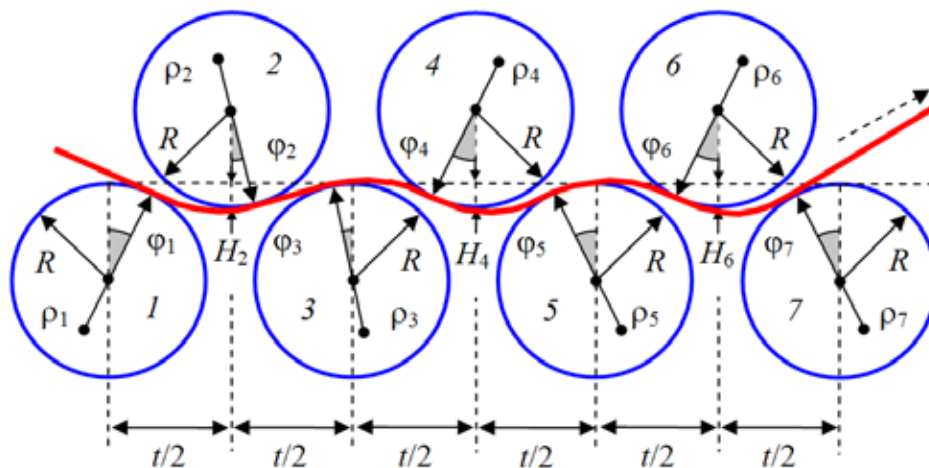


Рис. 5. Правка стального листа между семью рабочими роликами листопрямительной машины

Не ограничивая общности, далее мы будем считать, что нижние правильные (нечетные) ролики лежат на одном горизонтальном уровне ($H_1 = H_3 = H_5 = H_7 = 0$).

Коэффициент пружинения нейтральной линии листа при радиусе кривизны ρ равен [8, 9]

$$\beta(\rho) = \frac{1}{1 - \left[3 \left(\frac{\rho \sigma_t}{hE} \right) - 4 \left(\frac{\rho \sigma_t}{hE} \right)^3 + \frac{(\Pi_p + \Pi_c)}{2E} \left(1 - 3 \left(\frac{\rho \sigma_t}{hE} \right) + 4 \left(\frac{\rho \sigma_t}{hE} \right)^3 \right) \right]}$$

Изгибающий момент в поперечном сечении листа равен [8, 9]

$$M(\rho) = \frac{bh^2\sigma_t}{4} - \frac{b\rho^2\sigma_t^3}{3E^2} + \frac{b(\Pi_p + \Pi_c)}{6\rho} \left(\frac{h}{2} - \frac{\sigma_t\rho}{E} \right)^2 \left(h + \frac{\sigma_t\rho}{E} \right).$$

Введем семь локальных прямоугольных декартовых систем координат $y-z$ в точках касания листа с рабочими роликами листопрямительной машины. Оси z направим по касательной к поверхности роликов слева направо, а оси y – перпендикулярно к оси z в сторону центров соответствующих роликов. Будем аппроксимировать в этих системах ко-

ординат нейтральную линию листа (между соседними точками касания листа и роликов) с помощью кубических полиномов вида $y(z) = a z^2 - b z^3$. Отметим, что первые два коэффициента этих полиномов равны нулю, так как лист касается роликов в начале систем координат. Обозначим a_i и b_i — коэффициенты кубических полиномов в i -ой системе координат. Составим уравнения для коэффициентов кубических полиномов, кривизны и радиусов кривизны нейтральной линии листа в точках касания листа с рабочими роликами.

Первый и второй ролики

$$z_2 = \left(\frac{t}{2} - R_0 \sin \varphi_1 + R_0 \cos \varphi_2 \right) \cos \varphi_1 + [H_2 - R_0(1 - \cos \varphi_1) - R_0(1 - \cos \varphi_2)] \sin \varphi_1,$$

$$y_2 = - \left(\frac{t}{2} - R_0 \sin \varphi_1 + R_0 \cos \varphi_2 \right) \sin \varphi_1 + [H_2 - R_0(1 - \cos \varphi_1) - R_0(1 - \cos \varphi_2)] \cos \varphi_1,$$

$$a_1 = \frac{3y_2 + \operatorname{tg}(\varphi_1 + \varphi_2)z_2}{z_2^2}, \quad b_1 = \frac{2y_2 + \operatorname{tg}(\varphi_1 + \varphi_2)z_2}{z_2^3},$$

$$\varepsilon_{12} = 2a_1, \quad \rho_{12} = \frac{1}{2a_1}, \quad \varepsilon_{21} = \frac{2a_1 - 6b_1z_2}{\left[1 + (2a_1z_2 - 3b_1z_2^2)^2\right]^{\frac{3}{2}}}, \quad \rho_{21} = \frac{1}{\varepsilon_{21}}.$$

Второй и третий ролики

$$z_3 = \left(\frac{t}{2} - R_0 \sin \varphi_2 + R_0 \cos \varphi_3 \right) \cos \varphi_2 + [H_2 - R_0(1 - \cos \varphi_2) - R_0(1 - \cos \varphi_3)] \sin \varphi_2,$$

$$y_3 = - \left(\frac{t}{2} - R_0 \sin \varphi_2 + R_0 \cos \varphi_3 \right) \sin \varphi_2 + [H_2 - R_0(1 - \cos \varphi_2) - R_0(1 - \cos \varphi_3)] \cos \varphi_2,$$

$$a_2 = \frac{3y_3 + \operatorname{tg}(\varphi_2 - \varphi_3)z_3}{z_3^2}, \quad b_2 = \frac{2y_3 + \operatorname{tg}(\varphi_2 - \varphi_3)z_3}{z_3^3},$$

$$\varepsilon_{23} = 2a_2, \quad \rho_2 = \rho_{23} = \frac{1}{2a_2}, \quad \varepsilon_{32} = \frac{2a_2 - 6b_2z_3}{\left[1 + (2a_2z_3 - 3b_2z_3^2)^2\right]^{\frac{3}{2}}}, \quad \rho_3 = \rho_{32} = \frac{1}{\varepsilon_{32}}.$$

Третий и четвертый ролики

$$z_4 = \left(\frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_3 + R_0 \cos \varphi_4 \right) \cos \varphi_3 - [H_4 - R_0(1 - \cos \varphi_3) - R_0(1 - \cos \varphi_4)] \sin \varphi_3,$$

$$y_4 = \left(\frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_3 + R_0 \cos \varphi_4 \right) \sin \varphi_3 + [H_4 - R_0(1 - \cos \varphi_3) - R_0(1 - \cos \varphi_4)] \cos \varphi_3,$$

$$a_3 = \frac{3y_4 - \operatorname{tg}(\varphi_3 + \varphi_4)z_4}{z_4^2}, \quad b_3 = \frac{2y_4 - \operatorname{tg}(\varphi_3 + \varphi_4)z_4}{z_4^3},$$

$$\varepsilon_{34} = 2a_3, \quad \rho_{34} = \frac{1}{2a_3}, \quad \varepsilon_{43} = \frac{2a_3 - 6b_3z_4}{\left[1 + (2a_3z_4 - 3b_3z_4^2)^2\right]^{\frac{3}{2}}}, \quad \rho_{43} = \frac{1}{\varepsilon_{43}}.$$

Четвертый и пятый ролики

$$z_5 = \left(\frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_4 + R_0 \cos \varphi_5 \right) \cos \varphi_4 - [H_4 - R_0(1 - \cos \varphi_4) - R_0(1 - \cos \varphi_5)] \sin \varphi_4,$$

$$y_5 = \left(\frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_4 + R_0 \cos \varphi_5 \right) \sin \varphi_4 + [H_4 - R_0(1 - \cos \varphi_4) - R_0(1 - \cos \varphi_5)] \cos \varphi_4,$$

$$a_4 = \frac{3y_5 - \operatorname{tg}(\varphi_4 + \varphi_5)z_5}{z_5^2}, \quad b_4 = \frac{2y_5 - \operatorname{tg}(\varphi_4 + \varphi_5)z_5}{z_5^3},$$

$$\varepsilon_{45} = 2a_4, \quad \rho_4 = \rho_{45} = \frac{1}{2a_4}, \quad \varepsilon_{54} = \frac{2a_4 - 6b_4z_5}{\left[1 + (2a_4z_5 - 3b_4z_5^2)^2\right]^{\frac{3}{2}}}, \quad \rho_5 = \rho_{54} = \frac{1}{\varepsilon_{54}}.$$

Пятый и шестой ролики

$$z_6 = \left(\frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_5 + R_0 \cos \varphi_6\right) \cos \varphi_5 - [H_6 - R_0(1 - \cos \varphi_5) - R_0(1 - \cos \varphi_6)] \sin \varphi_5,$$

$$y_6 = \left(\frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_5 + R_0 \cos \varphi_6\right) \sin \varphi_5 + [H_6 - R_0(1 - \cos \varphi_5) - R_0(1 - \cos \varphi_6)] \cos \varphi_5,$$

$$a_5 = \frac{3y_6 - \operatorname{tg}(\varphi_5 + \varphi_6)z_6}{z_6^2}, \quad b_5 = \frac{2y_6 - \operatorname{tg}(\varphi_5 + \varphi_6)z_6}{z_6^3},$$

$$\varepsilon_{56} = 2a_5, \quad \rho_{56} = \frac{1}{2a_5}, \quad \varepsilon_{65} = \frac{2a_5 - 6b_5z_6}{\left[1 + (2a_5z_6 - 3b_5z_6^2)^2\right]^{\frac{3}{2}}}, \quad \rho_{65} = \frac{1}{\varepsilon_{65}}.$$

Шестой и седьмой ролики

$$z_7 = \left(\frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_6 + R_0 \cos \varphi_7\right) \cos \varphi_6 - [H_6 - R_0(1 - \cos \varphi_6) - R_0(1 - \cos \varphi_7)] \sin \varphi_6,$$

$$y_7 = \left(\frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_6 + R_0 \cos \varphi_7\right) \sin \varphi_6 + [H_6 - R_0(1 - \cos \varphi_6) - R_0(1 - \cos \varphi_7)] \cos \varphi_6,$$

$$a_6 = \frac{3y_7 - \operatorname{tg}(\varphi_6 + \varphi_7)z_7}{z_7^2}, \quad b_6 = \frac{2y_7 - \operatorname{tg}(\varphi_6 + \varphi_7)z_7}{z_7^3},$$

$$\varepsilon_{67} = 2a_6, \quad \rho_6 = \rho_{67} = \frac{1}{2a_6}, \quad \varepsilon_{76} = \frac{2a_6 - 6b_6z_7}{\left[1 + (2a_6z_7 - 3b_6z_7^2)^2\right]^{\frac{3}{2}}}, \quad \rho_7 = \rho_{76} = \frac{1}{\varepsilon_{76}}.$$

Граничные условия задачи имеют вид

$$\rho_{12} = \rho_1, \quad \rho_{21} = -\rho_{23}, \quad \rho_{32} = -\rho_{34}, \quad \rho_{43} = -\rho_{45},$$

$$\rho_{54} = -\rho_{56}, \quad \rho_{65} = -\rho_{67}, \quad \rho_{76} = \beta(\rho_{67})\rho_{67}.$$

Результаты расчетов. Решая систему уравнений при $t = 0,4$ м, $R = 0,185$ м, $h = 0,010$ м, $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па, $\sigma_T = 500 \cdot 10^6$ Па, $H_1 = H_3 = H_5 = H_7 = 0$ м, $H_2 = 0,012$ м, $H_4 = 0,006$ м, $H_6 = -0,001$ м и $\rho_1 = -1$ м, получаем $\rho_2 = 0,657$ м, $\rho_3 = -0,781$ м, $\rho_4 = 1,152$ м, $\rho_5 = -2,488$ м, $\rho_6 = -40,581$ м, $\rho_7 = -173$ м, $\varphi_1 = 2,65^\circ$, $\varphi_2 = 0,26^\circ$, $\varphi_3 = 1,60^\circ$, $\varphi_4 = 0,78^\circ$, $\varphi_5 = 1,83^\circ$, $\varphi_6 = 0,38^\circ$, $\varphi_7 = 0,24^\circ$, $\varepsilon_1 = -1$, $\varepsilon_2 = 1,522$, $\varepsilon_3 = -1,280$, $\varepsilon_4 = 0,868$, $\varepsilon_5 = -0,402$, $\varepsilon_6 = -0,025$, $\varepsilon_7 = -0,006$ (рис. 6, 7). На рис. 7 точки локальных экстремумов кривизны соответствуют точкам касания листа с семью рабочими роликами листопрямительной машины.

При правильном подборе обжатий листа роликами и не очень большой начальной кривизне стальные листы при правке быстро «забывают» о своей первоначальной кривизне и после 4-го ролика кривизна всех листов становится практически одинаковой. Для этого величина обжатия листа первыми четырьмя роликами должна достигнуть оптимального значения, а доля пластической деформации по толщине листа должна составлять от 67% до 80%. После 4-го ролика обжатия стального листа подбираются так, чтобы свести кривизну листа на 7-ом ролике практически к нулю.

Особого внимания требует правка толстых высокопрочных стальных листов, для которых отношение предела текучести к пределу прочности превышает 85–90%. В этом случае металл листа становится более «хрупким», при правке листа сложнее попасть в зону оптимальных значений пластических деформаций и легко приблизиться к пределу прочности металла на поверхности стального листа, что в свою очередь может вызвать появление нежелательных дефектов металла.

Возможны разные сочетания величин обжатия на рабочих роликах. Например, можно задавать максимальное обжатие не на втором ролике, а на четвертом ролике, постепенно увеличивая кривизну листа от первого ролика к четвертому ролику (рис. 8). Это позволяет легче «заправить» лист в правильную машину, избежать резких изменений кривизны листа и эффективнее использовать правку листа в реверсивном режиме.

Решая систему уравнений при $t = 0,4$ м, $R = 0,185$ м, $h = 0,010$ м, $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па, $\sigma_T = 500 \cdot 10^6$ Па, $H_1 = H_3 = H_5 = H_7 = 0$ м, $H_2 = 0,006$ м, $H_4 = 0,012$ м, $H_6 = -0,001$ м и $\rho_1 = 10$ м, получаем $\rho_2 = 1,364$ м, $\rho_3 = -0,810$ м, $\rho_4 = 0,680$ м,

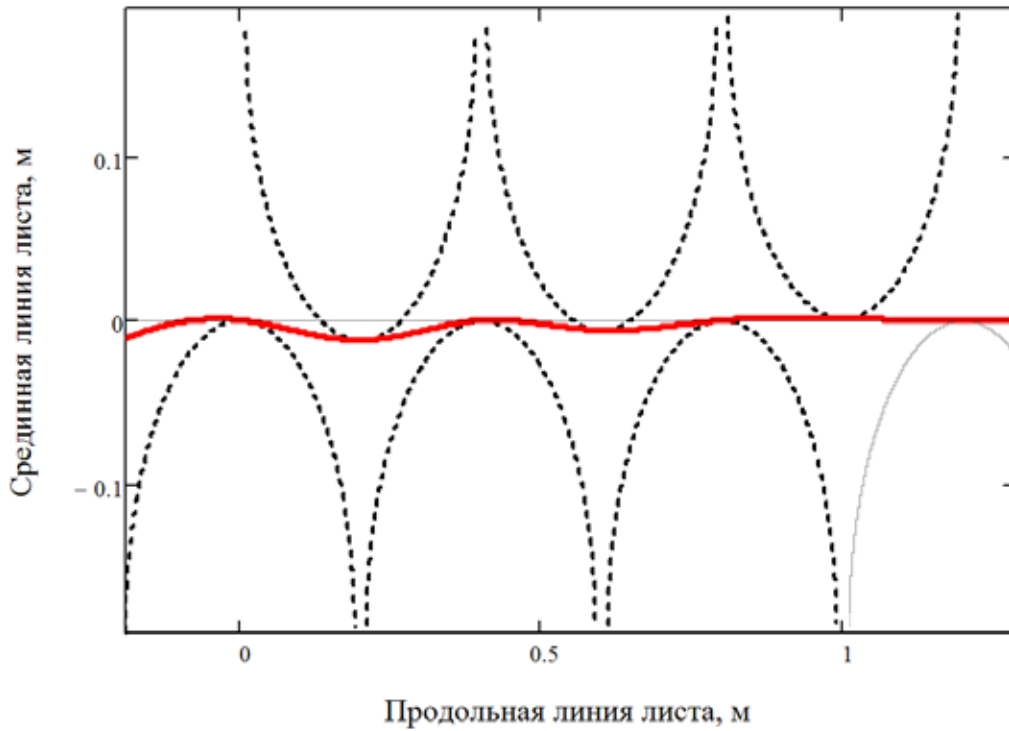


Рис. 6. Срединная линия листа при правке на семироликовой листопрямительной машине (максимальное обжатие листа на первых роликах)

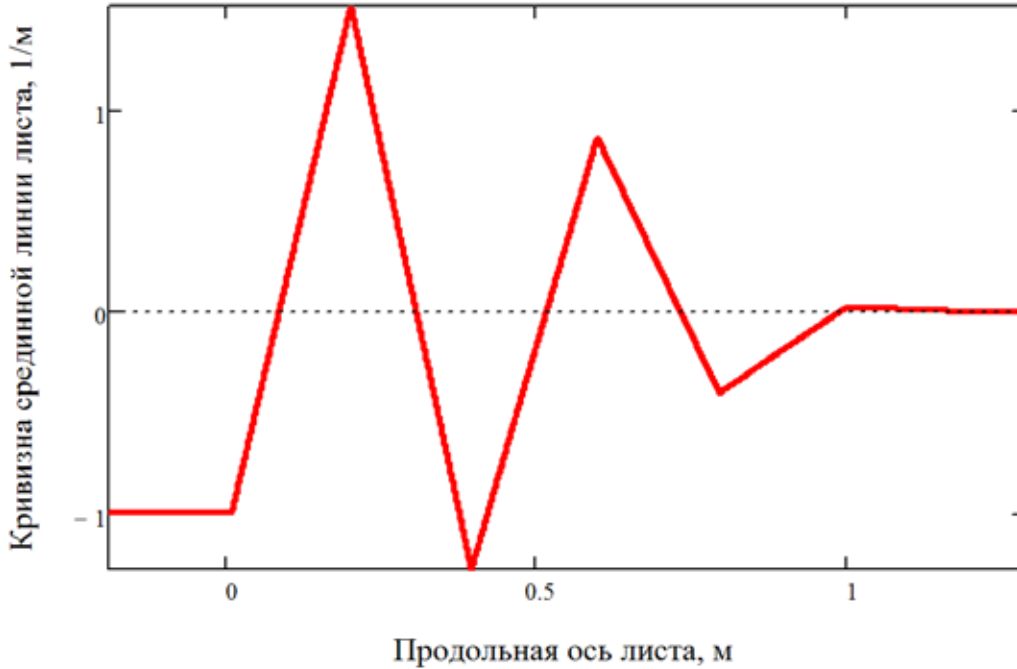


Рис. 7. Кривизна срединной линии листа при правке на семироликовой листопрямительной машине (максимальное обжатие листа на первых роликах)

$\rho_5 = -1,260\text{ м}$, $\rho_6 = -8,549\text{ м}$, $\rho_7 = -735\text{ м}$, $\varphi_1 = 3,40^\circ$, $\varphi_2 = 1,23^\circ$, $\varphi_3 = 1,69^\circ$, $\varphi_4 = 0,37^\circ$, $\varphi_5 = 3,28^\circ$, $\varphi_6 = 0,74^\circ$, $\varphi_7 = 0,06^\circ$, $\varepsilon_1 = 0,1$, $\varepsilon_2 = 0,733$, $\varepsilon_3 = -1,234$, $\varepsilon_4 = 1,470$, $\varepsilon_5 = -0,794$, $\varepsilon_6 = -0,117$, $\varepsilon_7 = -0,001$ (рис. 9).

Заключение. Предложен метод расчета параметров холодной правки стального листа из горячекатаного рулона на семироликовой листопрямительной машине. Результаты исследований могут быть использованы на металлургии-

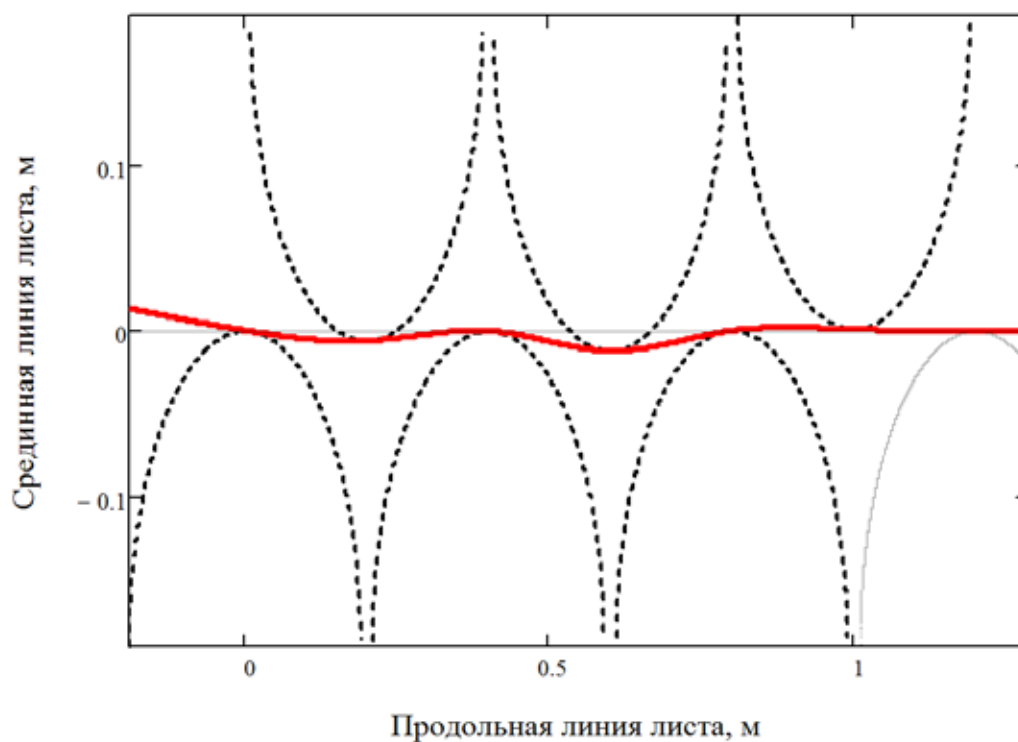


Рис. 8. Срединная линия листа при правке на семироликовой листопрямительной машине (максимальное обжатие листа на центральных роликах)

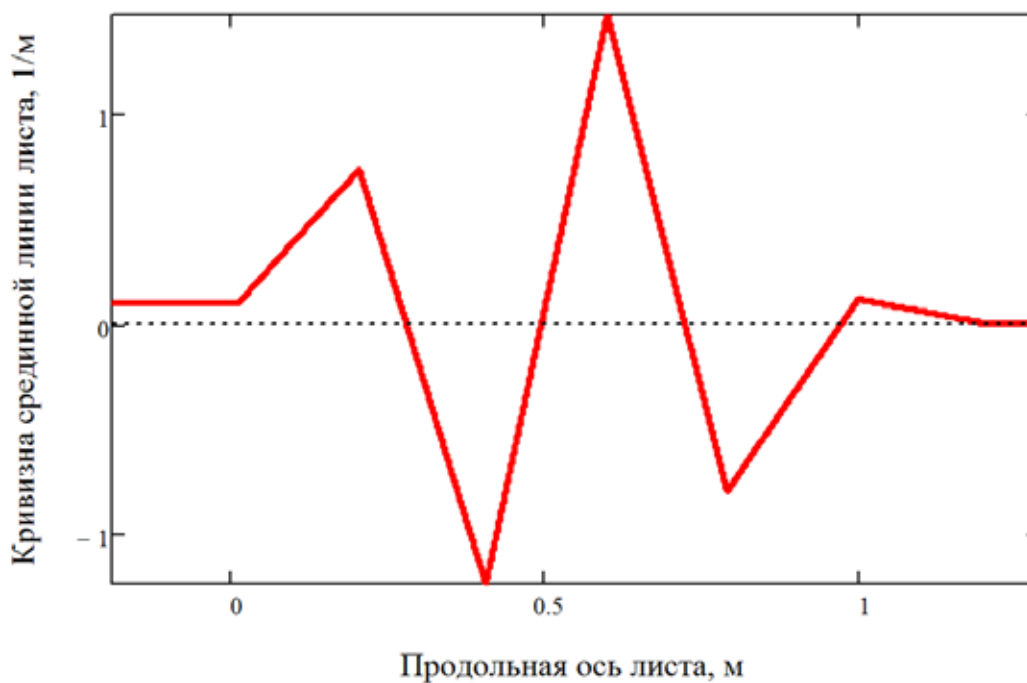


Рис. 9. Кривизна срединной линии листа при правке на семироликовой листопрямительной машине (максимальное обжатие листа на центральных роликах)

ческих заводах при производстве стального листа, а также при производстве труб большого и среднего диаметров из стального листа [5–62].

Литература:

1. Мошнин, Е. Н. Гибка и правка на ротационных машинах. Технология и оборудование. — М.: Машиностроение, 1967. — 272 с.
2. Королев, А. А. Механическое оборудование прокатных и трубных цехов. — М.: Metallurgy, 1987. — 480 с.
3. Целиков, А. И., Полухин П. И., Гребеник В. М. и др. Машины и агрегаты металлургических заводов. Т. 3. Машины и агрегаты для производства и отделки проката. — М.: Metallurgy, 1988. — 680 с.
4. Шевакин, Ю. Ф., Чернышев В. Н., Шаталов Р. Л. и др. Обработка металлов давлением. — М.: Интернет Инжиниринг, 2005. — 496 с.
5. Шинкин, В. Н. Теоретическая механика для металлургов. — М: Изд. Дом МИСиС, 2012. — 679 с.
6. Буланов, Э. А., Шинкин В. Н. Механика. Вводный курс. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 172 с.
7. Шинкин, В. Н. Соппротивление материалов для металлургов. — М: Изд. Дом МИСиС, 2013. — 655 с.
8. Шинкин, В. Н. Механика сплошных сред для металлургов. — М: Изд. Дом МИСиС, 2014. — 628 с.
9. Шинкин, В. Н. Математическая модель правки стальной полосы на пятироликовой листопрямильной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 8 (88). с. 344–349.
10. Шинкин, В. Н. Правка толстой стальной полосы на одиннадцатироликовой листопрямильной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 359–365.
11. Шинкин, В. Н. Расчет технологических параметров правки тонкой стальной полосы на пятнадцатироликовой листопрямильной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 361–366.
12. Шинкин, В. Н. Холодная правка толстого стального листа на девятироликовой машине фирмы SMS Siemag на металлургическом комплексе стан 5000 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 467–472.
13. Шинкин, В. Н. Четырехроликовый режим холодной правки толстого стального листа на пятироликовой листопрямильной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 356–361.
14. Шинкин, В. Н. Упругопластическая деформация металлического листа на трехвалковых вальцах // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 225–229.
15. Шинкин, В. Н. Шестироликовый режим предварительной правки стальной полосы на листопрямильной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 14 (94). с. 205–211.
16. Шинкин, В. Н. Определение критических давлений магистральных газонефтепроводов при частичном расплавлении продольного сварного шва стальных толстостенных труб // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 222–227.
17. Шинкин, В. Н. Критерий разрушения труб при дефекте раскатной пригар // Молодой ученый. 2015. № 16 (96). с. 261–265.
18. Шинкин, В. Н. Дефект перегиба стальной заготовки на трубоформовочном прессе // Молодой ученый. 2015. № 17 (97). с. 318–323.
19. Шинкин, В. Н. Подгибка кромок стального листа по эвольвенте // Молодой ученый. 2015. № 18 (98). с. 231–237.
20. Шинкин, В. Н. Критерий образования гофра при формовке стального листа на кромкогибочном прессе SMS Meer // Молодой ученый. 2015. № 19 (99). с. 238–243.
21. Шинкин, В. Н. Остаточные напряжения при экспандировании стальной трубы // Молодой ученый. 2015. № 20 (100). с. 88–93.
22. Шинкин, В. Н. Разрушение стальных труб при дефекте «раскатанный пригар с рисккой» // Молодой ученый. 2015. № 22 (102). с. 213–225.
23. Шинкин, В. Н. Гидроиспытания стальных труб на прочность на заводе. Труба с «донышками» // Молодой ученый. 2015. № 23 (103). с. 268–276.
24. Шинкин, В. Н. Гофр продольной кромки листа при его формовке на кромкогибочном прессе // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2009. № 6. с. 171–174.
25. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Модель пластического формоизменения кромок листовой заготовки при производстве труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Известия вузов. Черная металлургия. 2011. № 9. с. 45–49.
26. Shinkin, V. N., Kolikov A. P. Simulation of the shaping of blanks for large-diameter pipe // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 1. P. 61–66.
27. Shinkin, V. N., Kolikov A. P. Elastoplastic shaping of metal in an edge-ending press in the manufacture of large-diameter pipe // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 6. P. 528–531.
28. Шинкин, В. Н., Коликов А. П., Мокроусов В. И. Расчет максимальных напряжений в стенке трубы при экспандировании с учетом остаточных напряжений заготовки после трубоформовочного пресса SMS Meer // Производство проката. 2012. № 7. с. 25–29.

29. Shinkin, V. N., Kolikov A. P. Engineering calculations for processes involved in the production of large-diameter pipes by the SMS Meer technology // *Metallurgist*. 2012. Vol. 55. Nos. 11–12. P. 833–840.
30. Шинкин, В. Н. Производство труб большого диаметра по схеме JCOE фирмы SMS Meer для магистральных трубопроводов // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 3–1. с. 64–67.
31. Шинкин, В. Н. Расчет технологических параметров кромкогибочного пресса фирмы SMS Meer // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 4–1. с. 114–119.
32. Шинкин, В. Н. Математический критерий возникновения гофра при формовке стальной листовой заготовки на кромкогибочном прессе SMS Meer // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 5–1. с. 96–99.
33. Шинкин, В. Н. Расчет усилий трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе плоской толстой стальной заготовки при производстве труб большого диаметра // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 6–1. с. 115–118.
34. Шинкин, В. Н. Оценка усилий трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе стальной цилиндрической заготовки // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 7–1. с. 74–78.
35. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Сила давления пуансона трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе частично изогнутой толстой стальной заготовки // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 8–1. с. 78–83.
36. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Математический критерий перегиба стальной заготовки на трубоформовочном прессе SMS Meer // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 9–1. с. 73–77.
37. Шинкин, В. Н. Влияние остаточных напряжений на прочность металла при экспандировании стальной заготовки // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 10–1. с. 153–157.
38. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Гибка стального листа на вальцах трехвалковых // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 11–1. с. 252–257.
39. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Правка толстой стальной полосы на пятироликовой листопрямильной машине // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 11–1. с. 257–262.
40. Шинкин, В. Н. Расчет кривизны стального листа при холодной правке на одиннадцатироликовой машине // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 12–1.
41. Шинкин, В. Н. Прочностные гидроиспытания стальных труб с заглушками на заводе // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 12–1.
42. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Расчет формы трубной заготовки при гибке на кромкогибочном и трубоформовочном прессах фирмы SMS Meer при производстве труб большого диаметра по схеме JCOE // *Производство проката*. 2014. № 12. с. 13–20.
43. Шинкин, В. Н., Борисевич В. Г., Федотов О. В. Холодная правка стального листа в четырехроликовой листопрямильной машине // В сборнике: *Глобализация науки: проблемы и перспективы*. Т. 2. — Уфа: Башкирский государственный университет, 2014. — с. 119–121.
44. Шинкин, В. Н. Математическая модель правки тонкого стального листа на пятнадцатироликовой листопрямильной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // *Производство проката*. 2015. № 1. с. 42–48.
45. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Гибка стального листа на трубоформовочном прессе при производстве труб большого диаметра // *Сталь*. 2015. № 4. с. 38–42.
46. Шинкин, В. Н. Оценка критических давлений при разрушении стальных труб магистральных газонефтепроводов при несплавлении сварного соединения // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики*. Серия: *Естественные и технические науки*. 2015. № 5–6. с. 7–11.
47. Шинкин, В. Н. Математический критерий разрушения стальных толстостенных труб при дефекте раскатной пригар // *Мир науки и инноваций*. 2015. Т. 5. № 2 (2). с. 57–64.
48. Мазур, И. И., Иванцов О. М. Безопасность трубопроводных систем. — М: ИЦ «ЕЛИМА», 2004. — 1104 с.
49. Демченко, В. Г., Демченко Г. В. Магистральные трубопроводы. Надежность. Условия работы и разрушений. — М.: Недра, 2007. — 304 с.
50. Коршак, А. А., Нечваль А. М. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов. — СПб.: Недра, 2008. — 488 с.
51. Тетельмин, В. В., Язев В. А. Магистральные нефтегазопроводы. — Долгопрудный: Изд. Дом «Интеллект», 2010. — 352 с.

Алгоритм синтеза прогнозирующего управления электромеханическим объектом

Юнусова Сайёра Ташкенбаевна, старший преподаватель;
Измайлова Рената Николаевна, старший преподаватель;

Мамиров Уктам Фарходович, старший научный сотрудник-исследователь
Ташкентский государственный технический университет имени Абу Райхана Беруни (Узбекистан)

Предложен алгоритм прогнозирующего управления с интегральной составляющей в контуре управления, который позволяет обеспечить астатизм системы и выполнения ограничений, накладываемые на переменные состояния, а также задающие воздействия. Полученный алгоритм реализован для синтеза цифровой системы управления угловой скоростью вращения вала электродвигателя постоянного тока.

Ключевые слова: алгоритм прогнозирования, функционал качества, синтез, ограничения, электропривод, оптимизация.

В работе рассматриваются вопросы синтеза системы автоматического управления электромеханическим объектом на основе метода прогнозирующего управления. Метод прогнозирующего управления широко применяется на практике для решения задач синтеза систем автоматического управления, функционирующих в условиях жестких ограничений, накладываемых на переменные состояния и управления [1].

Следует, что метод прогнозирующего управления близок по своей сути к методу локально-оптимального управления [2] и методу оптимального управления с прогнозирующей моделью на основе обобщенного критерия [3].

В работе описывается алгоритм прогнозирующего управления с интегральной составляющей в контуре управления. Пусть динамика цифровой системы управления описывается уравнениями:

$$x(k+1) = Ax(k) + Bu(k) + Dw(k), \quad y(k) = Cx(k) \quad (1)$$

где $x(k)$ — n -мерный вектор состояния, $u(k)$ — m -мерный вектор управления, $y(k)$ — l -мерный вектор выхода, $w(k)$ — r -мерный вектор возмущений, A, B, C, D — матрицы соответствующих размеров. Области допустимых значений для переменных состояния и управления задаются неравенствами:

$$x_{\min} \leq x(k) \leq x_{\max}, \quad u_{\min} \leq u(k) \leq u_{\max},$$

где $x_{\min}, x_{\max}, u_{\min}, u_{\max}$ — векторы соответствующих размеров. Необходимо построить управление в виде обратной связи, при котором $\lim_{k \rightarrow \infty} y(k) = v$ при $k \rightarrow \infty$, где v — желаемое значение выхода.

В стандартной схеме метода прогнозирующего управления в каждый момент времени k решается задача оптимизации квадратичного функционала качества.

$$J = \sum_{i=1}^p \left(\|v - y(k+i/k)\|_Q^2 + \|u(k+i-1/k)\|_R^2 \right), \quad (2)$$

где Q — симметричная неотрицательно определенная, R — симметричные положительно определенные весовые матрицы. Минимум функционала (2) находится с учетом ограничений:

$$x_{\min} \leq x(k+i/k) \leq x_{\max}, \quad u_{\min} \leq u(k+i/k) \leq u_{\max}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, p,$$

где p — горизонт управления (натуральное число).

Обозначив через $\varepsilon(k) = v - y(k)$ ошибку слежения, получим вектор $z(k)$, удовлетворяющий уравнению:

$$z(k+1) = z(k) + \varepsilon(k).$$

Вектор $z(k)$ имеет смысл интеграла от ошибки слежения. Известно [4–6], что решение задачи слежения за заданным значением выхода требует наличия интегральной составляющей в алгоритме управления. Прогнозирующее управление с вектором $z(k)$ в контуре управления, строится следующим образом.

Заменив функционал качества (2) на функционал, содержащий интегральную составляющую, получим:

$$J = \sum_{i=1}^p \left(\|v - y(k+i/k)\|_Q^2 + \|z(k+i-1/k)\|_N^2 + \|u(k+i-1/k)\|_R^2 \right), \quad (3)$$

где N - симметричная неотрицательно определенная матрица.

Введем обозначения:

$$\bar{x}(k) = \begin{bmatrix} x(k+1/k) \\ x(k+2/k) \\ \vdots \\ x(k+p/k) \end{bmatrix}, \quad \bar{u}(k) = \begin{bmatrix} u(k/k) \\ u(k+1/k) \\ \vdots \\ u(k+p-1/k) \end{bmatrix},$$

$$\bar{w}(k) = \begin{bmatrix} w(k/k) \\ w(k+1/k) \\ \vdots \\ w(k+p-1/k) \end{bmatrix}, \quad \bar{z}(k) = \begin{bmatrix} z(k+2/k) \\ z(k+3/k) \\ \vdots \\ z(k+p+1/k) \end{bmatrix},$$

$$F_x = \begin{bmatrix} A \\ A^2 \\ \vdots \\ A^p \end{bmatrix}, \quad F_y = \begin{bmatrix} CA \\ CA^2 \\ \vdots \\ CA^p \end{bmatrix}, \quad F_z = \begin{bmatrix} C(E_n + A) \\ C(E_n + A + A^2) \\ \vdots \\ C(E_n + A + \dots + A^p) \end{bmatrix},$$

$$G_x = \begin{bmatrix} B & 0 & \dots & 0 \\ AB & B & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A^{p-1}B & A^{p-2}B & \dots & B \end{bmatrix}, \quad G_y = \begin{bmatrix} CB & 0 & \dots & 0 \\ CAB & CB & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ CA^{p-1}B & CA^{p-2}B & \dots & CB \end{bmatrix},$$

$$G_z = \begin{bmatrix} CB & 0 & \dots & 0 \\ C(E_n + A)B & CB & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C(E_n + A + \dots + A^{p-1})B & C(E_n + A + \dots + A^{p-2})B & \dots & CB \end{bmatrix},$$

$$S_x = \begin{bmatrix} D & 0 & \dots & 0 \\ AD & D & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A^{p-1}D & A^{p-2}D & \dots & D \end{bmatrix}, \quad S_y = \begin{bmatrix} CD & 0 & \dots & 0 \\ CAD & CD & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ CA^{p-1}D & CA^{p-2}D & \dots & CD \end{bmatrix},$$

$$S_z = \begin{bmatrix} CD & 0 & \dots & 0 \\ C(E_n + A)D & CD & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C(E_n + A + \dots + A^{p-1})D & C(E_n + A + \dots + A^{p-2})D & \dots & CD \end{bmatrix},$$

$$L_x = \begin{bmatrix} E_n \\ \vdots \\ E_n \\ E_n \end{bmatrix}, \quad L_y = \begin{bmatrix} E_l \\ \vdots \\ E_l \\ E_l \end{bmatrix}, \quad L_u = \begin{bmatrix} E_m \\ \vdots \\ E_m \\ E_m \end{bmatrix}, \quad L_z = \begin{bmatrix} 2E_l \\ \vdots \\ pE_l \\ (p-1)E_l \end{bmatrix},$$

где E_n, E_l, E_m - единичные матрицы размеров n, l и m соответственно.

Из уравнений системы (1) следуют соотношения:

$$\bar{x}(k) = F_x x(k) + G_x \bar{u}(k) + S_x \bar{w}(k),$$

$$y(k) = F_y x(k) + G_y \bar{u}(k) + S_y \bar{w}(k),$$

$$\bar{z}(k) = L_y z(k) + L_z v - F_z x(k) - G_z \bar{u}(k) - S_z \bar{w}(k).$$

Тогда функционал качества (3) принимает вид:

$$J = \|L_y v - F_y x(k) - G_y \bar{u}(k) - S_y \bar{w}(k)\|_Q^2 + \|L_z z(k) + L_z v - F_z x(k) - G_z \bar{u}(k) - S_z \bar{w}(k)\|_N^2 + \|\bar{u}(k)\|_R^2, \tag{4}$$

где \bar{Q} , \bar{N} и \bar{R} — блочно-диагональные матрицы с матрицами Q , N и R на диагонали. Ограничения на переменные состояния и управления записываются в виде:

$$L_x x_{\min} \leq F_x x(k) + G_x \bar{u}(k) + S_x \bar{w}(k) \leq L_x x_{\max}. \tag{5}$$

$$L_u u_{\min} \leq \bar{u}(k) \leq L_u u_{\max}. \tag{6}$$

Таким образом, имеем задачу квадратично программирования относительно вектора неизвестных $\bar{u}(k)$ с целевой функцией (4) ограничениями (5), (6). С использованием матрицы Гессе целевой функции, которая имеет вид:

$$H = 2(G_y^T \bar{Q} G_y + G_z^T \bar{N} G_z + \bar{R}).$$

Очевидно, что положительная R гарантирует положительную определенность H .

Задача (4)-(6) решается в каждый момент времени k . Управление в момент времени k полагается равным $u(k/k)$.

Полученный алгоритм реализован для решения задачи синтеза цифровой системы управления угловой скоростью вращения вала электродвигателя постоянного тока. Пусть динамика электродвигателя описывается уравнениями:

$$J\dot{\omega} = k_1 I + M, \tag{7}$$

$$L\dot{I} + RI = -k_2 \omega + u, \tag{8}$$

где ω - угловая скорость (рад/с); I - сила тока (А); u - напряжение (В); M - момент внешних сил (Нм); J - момент инерции вала двигателя (кг·м²); L - индуктивность якорной цепи (Гн); R - сопротивление якорной цепи (Ом); k_1, k_2 - конструктивные параметры двигателя.

Пусть управление рассчитывается микропроцессором и формируется амплитудно-импульсным модулятором с шагом квантования по времени h . Тогда модель дискретной системы принимает вид (1), где:

$$A = e^{\bar{A}h}, \quad B = \int_0^h e^{\bar{A}t} dt \bar{B}, \quad D = \int_0^h e^{\bar{A}t} dt \bar{D}.$$

Здесь \bar{A} , \bar{B} , \bar{D} — матрицы непрерывной системы, представленной в виде (7),(8).

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} 0 & \frac{k_1}{J} \\ -\frac{k_2}{L} & -\frac{R}{L} \end{bmatrix}, \quad \bar{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ L \end{bmatrix}, \quad \bar{D} = \begin{bmatrix} 1 \\ J \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Система управления должна обеспечить выполнение условия $\lim_{t \rightarrow \infty} \omega(t) = v$, где v — заданное значение угловой скорости. Ограничения на переменные состояния и управления заданы неравенствами:

$$|\omega(t)| \leq 100 \text{ рад/с}, \quad |I(t)| \leq 5A, \quad |u(t)| \leq 10B.$$

Расчеты проводились в системе MATLAB при следующих значениях параметров объектов управления: $J = 0,68 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$, $L = 0,0052 \text{ Гн}$; $R = 0,45 \text{ Ом}$; $k_1 = 7,14$; $k_2 = 0,098$ и алгоритма управления: $h = 0,1$; $p = 5$; $Q = 1$; $N = 1$; $R = 1000$. При решении задачи квадратичного программирования использовалась функция quadprog системы MATLAB.

На рис. 1, 2, 3 показаны переходные процессы по угловой скорости, силе тока и управлению полученные для $v = 20, 50, 80$ и $M = 5$. На рис. 4 для сравнения представлены переходные процессы по угловой скорости для системы со стандартным прогнозирующим управлением (линия 1) и для системы интегральной составляющей в алгоритме управления (линия 2) при $v = 50$. Из результатов моделирования видно, что алгоритм с интегральной составляющей по ошибке слежения обеспечивает астатизм системы в отличие от стандартного алгоритма прогнози-

рующего управления. Рисунки также наглядно показывают выполнение ограничений по угловой скорости, силе тока и напряжению на входе электродвигателя.

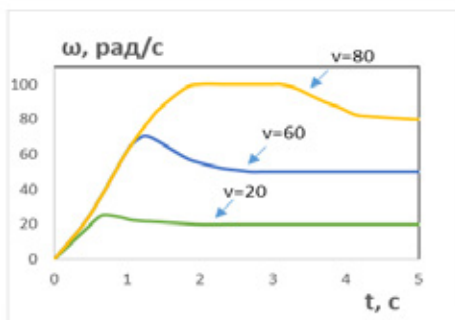


Рис 1.

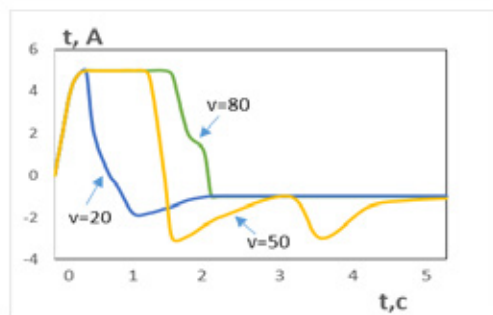


Рис 2.

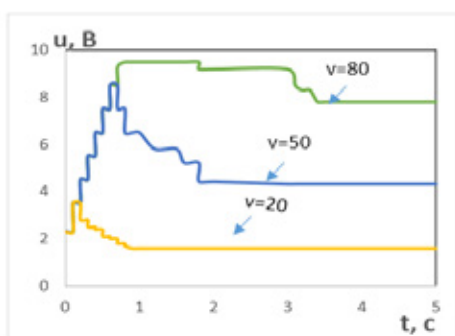


Рис 3.

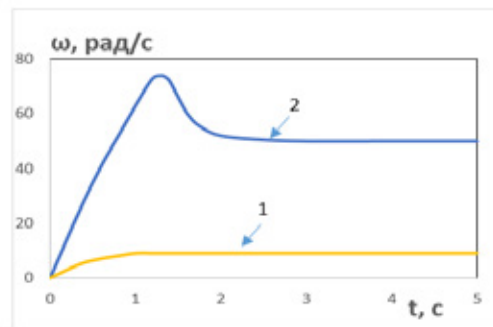


Рис 4.

Рис. 1, 2, 3, 4. Графики переходных процессов

Литература:

1. Clarke, D. W. Application of generalized predictive control to industrial processes // IEEE Control Systems Magazine. Vol. 8. 1988 № 2. P. 49–55.
2. Смагин, В.И., Параев Ю.И. Синтез следящих систем управления по квадратичным критериями Томск: Изд-во ТГУ. 1996. — 171 с.
3. Красовский, А.А., Буков В.И., Шендрик В.С. Универсальные алгоритмы оптимального управления непрерывными системами. М.: Наука. 1977. — 272 с.
4. Пегат, А. Нечеткое моделирование и управление. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009. — 798 с.
5. Сиддиқов, И.Х., Измайлова Р.Н. Синтез цифрового алгоритма управления с прогнозирующей моделью // Химическая технология. Контроль и управление. Ташкент. 2010. № 2. — С. 72–76.
6. Леоненков, А.Ю. Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzyTech. — СПб.: БХВ, 2003. — 720 с.

Operatively dispatching management of mill manufacture in conditions of uncertainty

Юсупов Фирнафас, кандидат технических наук, доцент;
 Шарипов Максуд Сиддиқович, кандидат технических наук, доцент
 Ташкентский университет информационных технологий, Ургенчский филиал (Узбекистан)

Yusupov F., Sharipov M.S.
 Tashkent University of Information Technologies, Urgency branch. Urgench. Uzbekistan

1 Introduction. In developing the main production automation products of milling industry, a number of problems of scientific and practical problems associated with the complications and uncertainty of operating conditions of the process of primary processing of grain, as well as looking on the

levels of harvested seed cotton feedstock (raw material uncertainty in quantity and quality).

Therefore, the administrative decision adopted by the leadership of the milling companies in the face of uncertainty, when the head is not possible to estimate the probability of

future results. This happens when calling within the parameters are so new and unstructured, that the probability of certain consequences can not be predicted with reasonable certainty, probability.

Sometimes administrative decisions under risk, when it is not determined the results of their implementation, but the probability of occurrence of each of them is known. The uncertainty of the result in this case is related to the possibility of adverse situations and consequences in order to achieve their goals.

2 The purpose of the task. Making decisions — a necessary component of any process control system. Consider the place of decision-making in the general scheme of management [1] as shown in the figure below.

According to the scheme of the control system are exposed as a SOS the external environment and from the metasytem. Under metasytem will understand the control system of a higher level. The ACS flour mills it may be branch automation or parent organization in the management hierarchy. Metasytem generates appropriate management effects that come on the control object and change its status. Metasytem oversees the management; follow the changes of the output characteristics of the control object. The set of values of the output characteristics of the object determines the final effect obtained in the management process, the outcome of the sludge. The external environment also affects the state of the system and control object, distorting the values of control actions and outcomes.

The process management system is reduced to the development of control actions taking into account the set objectives set metasytem Z, available resources C and possible states of the environment T.

3 Function model. The functional model of the control system in these conditions can be set for each display $M : C \times Z \times T \rightarrow X$, is set (c, z, t) where $c \in C, z \in Z, t \in T$, is associated with control actions. $x \in X$

In turn, the outcome is determined by f available to the object resource management c' control inputs x and t' state of the environment. The functioning process control object describes the display $M' : X \times C' \times T' \rightarrow F$, for which each set of (x, c', t') , $x \in X, c' \in C', t' \in T'$, f corresponds to the outcome of a variety of outcomes F .

Models M and M' algorithms determine the functioning of the system and control object. To describe the operation of the control system is necessary to ask management objectives, according to which, and develop the controlling influences. The object of the control, although it may have its own (internal) objectives, needs to set goals were metasytem. This is achieved by selecting the control actions.

Depending on the degree of awareness of the control system on the state of the control object, completeness and accuracy of the models M and M' the nature and their interaction with the environment decision-making process takes place in a variety of conditions:

- Decision making under certainty;
- Decision-making in terms of risk;
- Decision making under multicriteriality;
- Decision-making under uncertainty.

When making decisions under conditions of uncertainty between the choice of strategies and the outcome is not unique relationship. In addition, also known probabilities, a lot of probabilities of outcomes f using S management strategies that either can not be identified or do not have the problem in the context of a meaningful sense. Hence the Decision Rule takes the form $\varphi_3 : \{s\} \times F \times Z \rightarrow E$.

As a result, each pair of display strategy — the outcome is assigned a score metasytem (winning). The most common implementation of the rule is the criterion to maximize the guaranteed win.

The uncertainty in decision-making is shown in the parameters of the information used at all stages of processing. Uncertainty is difficult to measure, and often it is evaluated in

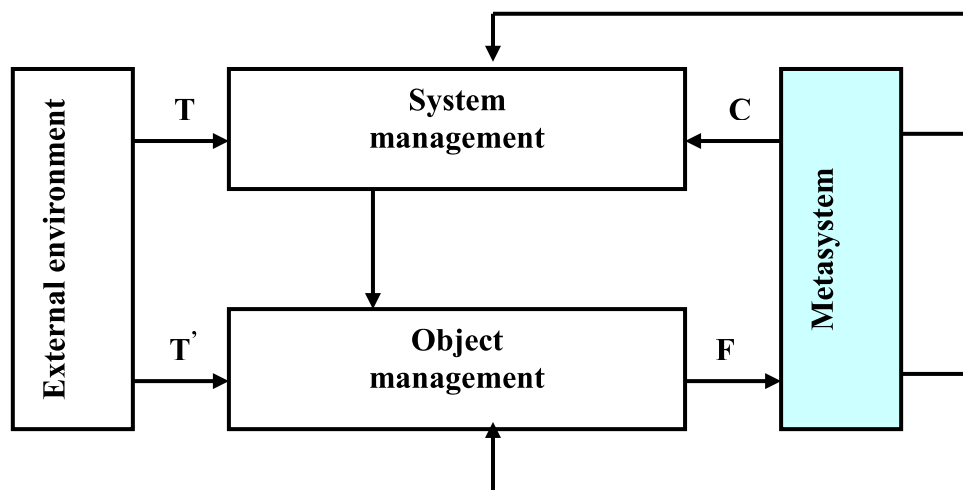


Fig. The general scheme of the control system

terms of quality (high or low). Also, it was evaluated in percentage.

Uncertainty is the main cause of the risk. The decrease in volume is the main task of the head. The uncertainty associated with the development of management decision, and the risk — the results of the implementation.

Uncertainties are both objective and subjective. Objective — do not depend on the DM and their source is outside the system in which a decision is made. Subjective are the result of professional errors, defects, lack of coordination, their source in this case is inside a system in which a decision is made.

In the case of stochastic uncertainty for the decision-maker has complete information about the extent of possible outcomes of various operations for each strategy in the form of a probability distribution on the set of possible outcomes [2,3].

Most people mistakenly believe that the use of some particular characteristics of the probability distribution of the result is easy removes the difficulty of choosing the best solution. For example, often use the expectation of results; sometimes — dispersion. However, in practice, the choices on the basis of such characteristics are not always in line with the personal views of decision-makers about the best alternative. In particular, it is also due to the fact that, in describing the problem with the risk, decision-makers rarely uses such theoretical concepts as «probability distribution», «random variable», «quantile» etc. Instead, people usually operates with such concepts maloformalizuemymi as

«chances of winning», «the possibility of failure», «gravity of the consequences», and others. He perceives them as the more familiar, and therefore, more reliable. I would like to selection rules have also used such simple and clear decision-maker judgment; that on the basis of such judgments could retrieve first effective and, if necessary — and the best alternative.

«In this regard, it agrees well with the practice of following verbal formulation of the principle of stochastic dominance: the best variant of the decision, for which the higher the probability of obtaining a more favorable result».

In other words, to establish what yl two options — a or b — solutions better decision-makers just need to consistently «sort out» all possible current values of t result from the check, which one probably more: $P(Y(a) \geq t)$ or $P(Y(b) \geq t)$.

Conclusion. Uncertainty is the main cause of the risk. The decrease in volume is the main task of the head. Uncertainty is considered as a phenomenon and as a process. If we see it as a phenomenon, dealing with a set of fuzzy situations of incomplete information and mutually exclusive.

The uncertainty in the development of the administrative decision may be due to the following reasons: a lack of credible information; difficulty in processing information; monopolization of the necessary data by external controls.

In this regard, it agrees well with the practice of following verbal formulation of the principle of stochastic dominance: the best variant of the decision, for which the higher the probability of obtaining a more favorable outcome.

References:

1. Rakhimov T.N. and others. Basics of building automation/T.N. Rahimov, O.A. Zaikin, Ya. Sovetov; under the total. Ed. B. Ya. Sovetova. — T.: Ukituvchi, 1984. — 376 p.
2. Vorobyov S.N., Utkin V.B., Baldin K.V. Management decisions M.: UNITY-DANA, 2005. — 496 p.
3. Sahak A.E., Tyushnyakov V.N. Development of the administrative decision. — SPb.: Peter, 2007. — 272

Молодой ученый

Международный научный журнал
Выходит два раза в месяц

№ 3 (107) / 2016

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор:

Ахметов И. Г.

Члены редакционной коллегии:

Ахметова М. Н.
Иванова Ю. В.
Каленский А. В.
Куташов В. А.
Лактионов К. С.
Сараева Н. М.
Авдеюк О. А.
Айдаров О. Т.
Алиева Т. И.
Ахметова В. В.
Брезгин В. С.
Данилов О. Е.
Дёмин А. В.
Дядюн К. В.
Желнова К. В.
Жуйкова Т. П.
Жураев Х. О.
Игнатова М. А.
Коварда В. В.
Комогорцев М. Г.
Котляров А. В.
Кузьмина В. М.
Кучерявенко С. А.
Лескова Е. В.
Макеева И. А.
Матроскина Т. В.
Матусевич М. С.
Мусаева У. А.
Насимов М. О.
Прончев Г. Б.
Семахин А. М.
Сенцов А. Э.
Сенюшкин Н. С.
Титова Е. И.
Ткаченко И. Г.
Фозилов С. Ф.
Яхина А. С.
Ячинова С. Н.

Международный редакционный совет:

Айрян З. Г. (Армения)
Арошидзе П. Л. (Грузия)
Атаев З. В. (Россия)
Бидова Б. Б. (Россия)
Борисов В. В. (Украина)
Велковска Г. Ц. (Болгария)
Гайнич Т. (Сербия)
Данатаров А. (Туркменистан)
Данилов А. М. (Россия)
Демидов А. А. (Россия)
Досманбетова З. Р. (Казахстан)
Ешиев А. М. (Кыргызстан)
Жолдошев С. Т. (Кыргызстан)
Игиснинов Н. С. (Казахстан)
Кадыров К. Б. (Узбекистан)
Кайгородов И. Б. (Бразилия)
Каленский А. В. (Россия)
Козырева О. А. (Россия)
Колпак Е. П. (Россия)
Куташов В. А. (Россия)
Лю Цзюань (Китай)
Малес Л. В. (Украина)
Нагервадзе М. А. (Грузия)
Прокопьев Н. Я. (Россия)
Прокофьева М. А. (Казахстан)
Рахматуллин Р. Ю. (Россия)
Ребезов М. Б. (Россия)
Сорока Ю. Г. (Украина)
Узаков Г. Н. (Узбекистан)
Хоналиев Н. Х. (Таджикистан)
Хоссейни А. (Иран)
Шарипов А. К. (Казахстан)

Руководитель редакционного отдела: Кайнова Г. А.

Ответственный редактор: Осянина Е. И.

Художник: Шишков Е. А.

Верстка: Бурьянов П. Я., Голубцов М. В.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.
За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.
При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

почтовый: 420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231;

фактический: 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: info@moluch.ru; <http://www.moluch.ru/>

Учредитель и издатель:

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Подписано в печать 24.02.2016. Тираж 500 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, 25