



быть и не равномерное изменение, например, 2 по вертикали и 3 по горизонтали. Субдискретизация нужна для обеспечения отсутствия привязки к масштабу.

### Литература

1. Солдатова, О.П. Курс лекций по дисциплине «Интеллектуальные системы» [Электронный ресурс]/О.П.Солдатова.– СГАУ, 2014. – 164 с.
2. Хайкин, С. «Нейронные сети»: полный курс, 2-е издание [Электронный ресурс]/Саймон Хайкин – Издательский дом Вильямс, 2008 – 1103 с.
3. Сиротенко, М.Ю. Применение нейросетей в распознавании изображений <https://geektimes.ru/post/74326>

В.Г. Литвинов, Д.Г. Черников, А.К. Яшкова

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССОВ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ

(Самарский университет)

Технический прогресс в машиностроении требует постоянного совершенствования существующих и разработки новых технологических процессов, обеспечивающих повышение качества и надежности продукции. Одним из направлений решения этой задачи является использование высокоскоростных методов деформирования металлов, которые позволяют повысить производительность труда, снизить себестоимость продукции и улучшить ее качество, а также открывают путь новым решениям в области конструкции и технологии. Среди них наиболее активно внедряются в различные отрасли промышленности процессы магнитно-импульсной обработки металлов (МИОМ).

В основе метода лежит использование в качестве энергоносителя мощных импульсных магнитных полей высокой напряженности, которые обуславливают воздействие динамических электромеханических сил на проводящий материал, помещенный в магнитное поле. Под действием этих сил происходит разгон заготовки до высоких (100...500 м/с) скоростей. При соударении заготовки с матрицей или оправкой происходит заданное формообразование, а при соударении двух или более заготовок они свариваются или образуют неразъемное соединение.

МИОМ, характеризующаяся высокой точностью дозирования энергии, локальностью приложения нагрузки, отсутствием контакта инструмента с заготовкой, легкостью встраивания оборудования в технологические линии и экологической безопасностью, выгодно отличается от других высокоскоростных и традиционных методов обработки.

Технологические процессы МИОМ носят сложный электромеханический характер. Поэтому аналитические расчеты параметров этих процессов обычно



проводят на упрощенных моделях при допущениях, касающихся параметров разрядной цепи магнитно-импульсной установки (МИУ) и магнитного поля в изоляционном зазоре, в материале индуктора и заготовки, а также физических и механических свойств материалов индуктора и заготовки.

Практически во всех технологических расчетах считают, что индуктивность и сопротивление элементов МИУ в течение времени разряда батареи конденсаторов не изменяются. Довольно часто пренебрегают также изменением параметров разрядной цепи, вызванным нагревом и деформацией материала индуктора и заготовки [1]. Объемные электродинамические силы, действующие на заготовку, заменяют давлением магнитного поля, приложенным к ее поверхности [2]. При расчете параметров давления магнитного поля делают допущение о бесконечной проводимости материалов индуктора и заготовки, то есть полагают, что имеет место резко выраженный поверхностный эффект [3]. При анализе процессов МИОМ пренебрегают влиянием газовой среды на движение заготовки и материал заготовки представляют в виде идеальной несжимаемой жидкости, абсолютно жесткого тела, а также используют различные аппроксимации кривой упрочнения.

Наиболее широкое распространение получили две инженерные методики, разработанные сотрудниками Харьковского политехнического института [2] и Чувашского государственного университета [4].

Расчеты, выполненные по первой методике, носят скорее оценочный характер, т.к. практически не учитывают электрические параметры процессов МИОМ.

Вторая же методика расчета более полно учитывает электрические параметры процесса. Однако рекомендации авторов данной методики по выбору величины необходимого давления магнитного поля на заготовку носят самый общий характер и не учитывают специфику выполняемой операции. Кроме того, она позволяет рассчитывать параметры процессов деформирования плоских заготовок или труб по схеме обжима только с помощью индуктора, полностью прикрытого заготовкой, при минимальных перемещениях заготовки.

На базе последней методики была предложена новая методика расчета параметров процессов МИОМ [5], которая позволяет разработать технологические процессы магнитно-импульсной формовки, калибровки и сборки тонкостенных деталей, осуществлять подбор оборудования, определять оптимальные параметры инструмента-индуктора и рассчитывать необходимый режим обработки деталей. Данная методика является наиболее универсальной, и была взята за основу при разработке АИС.

Согласно данной методике, расчет параметров процесса МИОМ можно разделить на четыре этапа:

1. Расчет механических характеристик процесса позволяет определить специфические особенности выполняемой технологической операции. Под особенностями подразумевается: работа деформации заготовки; кинетическая энергия деформируемого участка заготовки; величина давле-



- ния импульсного магнитного поля (ИМП); связь амплитудного значения давления ИМП и частотой колебаний разрядного тока.
2. Выбор МИУ. На данном этапе производится выбор МИУ, которая имеет энергоемкость не меньше расчетной величины энергии разряда.
  3. Расчет параметров индукторной системы включает выбор шага и количества витков индуктора. Исходными данными для расчета являются длина индуктора, собственная индуктивность МИУ, размеры заготовки и удельная электропроводность материалов индуктора и заготовки.
  4. Расчет режима МИОМ заключается в определении энергии разряда МИУ.

На практике выполнение каждого этапа является трудоемкой вычислительной задачей, сложность алгоритмов расчета достаточно высока. В виду этого, расчет «вручную» занимает большое количество времени, при этом происходит накопление различных погрешностей и высока вероятность возникновения субъективных ошибок. Часто, для выбора оптимального (по определенным критериям) процесса, необходимо произвести несколько различных вариантов расчетов, это еще больше увеличивает вычислительную трудоемкость задачи. Создание автоматизированной информационной системы расчета параметров процессов МИОМ позволило сократить затрачиваемое на вычисления время, повысить точность решения и избежать возникновения ошибок расчета, что и являлось целью автоматизации.

Система разработана с применением объектно-ориентированного языка программирования Java SE 8 в среде NetBeans IDE 8.2. Причиной выбора данного языка программирования и IDE были высокая продуктивность разработки и кроссплатформенность. Система способна работать под управлением операционных систем Linux, Windows, Mac OS X и Solaris.

В процессе анализа предметной области была спроектирована база данных (БД), которая необходима для хранения параметров процессов и алгоритмов расчета (рисунок 1). В качестве системы управления БД (СУБД) была выбрана СУБД MySQL 5.5. Данная СУБД является мощной и свободно распространяется под лицензией GNU GPL.

На логической модели БД (рисунок 1) изображено пять сущностей. Такие как «Операция» зависящая от «ОперацияТип» и независимых друг от друга «Материал», «Установка» и «Константа».

В системе реализовано два различных интерфейса пользователя:

1. Пользователь. Данный интерфейс позволяет: выбрать тип операции; выбрать операцию; задать параметры заготовки; задать параметры индуктора (материал); выбрать модель МИУ; задать параметры процесса; рассчитать по заданным параметрам процесс; получить результат расчета.
2. Администратор. Данный интерфейс позволяет изменять наполнение БД. Доступ к данному интерфейсу ограничен паролем для обеспечения целостности и работоспособности системы.

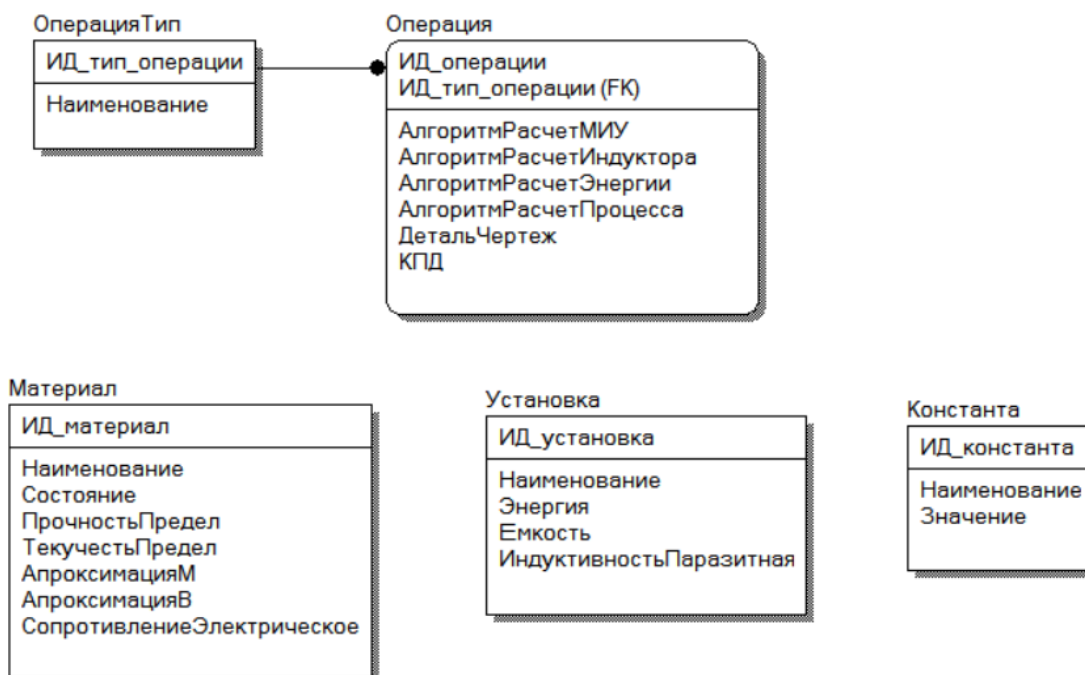


Рисунок 1 – Логическая модель БД

Разработанная АИС была апробирована на примере расчета параметров процесса формовки детали «Конус». В результате выполненного расчета величина энергии разряда МИУ-15 составила 1,75 кДж, что соответствует напряжению заряда 4,9 кВ. С целью проверки правильности расчета был спроектирован и изготовлен индуктор с технологической оснасткой (рисунок 2), выполнен эксперимент.



Рисунок 2 – Внешний вид экспериментальной оснастки

Эксперимент проводился на МИУ-15 при выборе ближайшего большего значения напряжения разряда равного  $U=5\text{кВ}$ . В результате была получена деталь «Конус» соответствующая всем предъявляемым к ней требованиям по точности.

### Литература

1. Высокоэффективные технологические процессы изготовления трубопроводных и топливных систем летательных аппаратов [Текст] / В.А. Барвинок, А.Н. Кирилин, А.Д. Комаров и др. Под общей редакцией чл.-корр. РАН В.А. Барвинка. – М.: Наука и технологии, 2002. – 394 с. [8.2]



2. Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов [Текст] / Белый И.В., Фертик С.М., Хищенко Л.Т. – Харьков: «Вища школа», 1977. – 168 с.
3. Шнеерсон Г.А. Поля и переходные процессы в аппаратуре сверхсильных токов. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 416 с
4. Расчет параметров магнитного молота. / Г.М. Лебедев, Ю.М. Овчинников, Ю.А. Попов и др. // Вопросы производства летательных аппаратов: Труды Куйбышевского авиационного института. – 1970. – Вып. 41. – С.18-22.
5. Глушечков В.А., Расчет процессов магнитно-импульсной обработки / В.А. Глушечков, В.Ф. Карпунин. – Самара: Изд-во Самар. Гос. аэрокосм. Ун-та, 2010.

Б.В. Мартемьянов

## СШИВКА ПОЛОС ИЗОБРАЖЕНИЙ С УЧЕТОМ МЕЖМАТРИЧНЫХ ГОЛОНОМНЫХ СВЯЗЕЙ

(Самарский государственный технический университет)

Современные космические аппараты, предназначенные для дистанционного зондирования Земли, формируют изображения средствами оптико-электронных преобразователей (ОЭП), которые построены на основе матриц фоточувствительных приборов с зарядовой связью (ФПЗС).

Для обеспечения достаточной ширины полосы захвата в структуре ОЭП предусматривают десятки отдельных матриц ФПЗС. Такие ОЭП будем называть многоматричными (МОЭП). Матрицы в составе МОЭП выстраиваются вдоль двух параллельных прямых так, что каждая пара смежных матриц в области их смежных сторон «перекрывается» на некоторое количество ячеек ФПЗС, порождая взаимное перекрытие «полей зрения» этих матриц. В процессе съемки изображения маршрута каждая ФПЗС матрица порождает набор видеоданных, содержимое которого при визуализации порождает полосу изображения (далее - полосу). За счет взаимного перекрытия полей зрения смежных матриц полосы, порожденные этими матрицами, содержат вдоль своих смежных сторон изображения одних и тех же наблюдаемых объектов (рис. 1).



Рис. 1. Фрагменты смежных полос

Одна из задач первичной обработки полос изображений состоит в их сборке в единый кадр, в котором устранены повторения изображений одних и тех же фрагментов сцены. Задача решается путем наложения одной из полос на другую так, что повторяющиеся фрагменты изображений совмещаются. Такую задачу называют задачей «сшивки» полос.