

## МЕТОДИКА КЛАССИФИКАЦИИ КОМБИНИРОВАННЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Ковалевский С. В., Стародубцев И. Н.

Проанализированы основные преимущества комбинированных методов обработки, их существенное влияние на повышения качества продукции, производительность и как следствие конкурентоспособность. Был предложен классификатор комбинированных методов обработки деталей машин. Разработанный классификатор позволяет включить в свою базу данных более 10000 комбинированных методов обработки. База данных рассчитана таким образом, что методы, которые на данный момент не известны, в дальнейшем могут быть внесены в классификатор. Классификатор позволяет кодировать каждый из методов комбинированной обработки, что дает возможность легко ориентироваться в большом количестве методов. Классификатор не имеет ограничений по каким-либо факторам и отдельно взятым методам. Возможность выбирать оптимальный метод для конкретно заданных условий эксплуатации детали и возможности ее производства в современных условиях машиностроения.

Проаналізовано основні переваги комбінованих методів обробки, їх суттєвий вплив на підвищення якості продукції, продуктивність і як наслідок конкуренто спроможності. Був запропонований класифікатор комбінованих методів обробки деталей машин. Розроблений класифікатор дозволяє включити в свою базу даних понад 10000 комбінованих методів обробки. База даних розрахована таким чином, що методи які на даний момент не відомі, в подальшому можуть бути внесені до класифікатора. Класифікатор дозволяє кодувати кожен з методів комбінованої обробки, що дає можливість легко орієнтуватися у великій кількості методів. Класифікатор не має обмежень за будь-якими факторами і окремо взятими методами. Можливість вибирати оптимальний метод для конкретно заданих умов експлуатації деталі і можливості її виробництва в сучасних умовах машинобудування.

The paper analyzes the main advantages of the combined methods, of treatment of the insignificant impact on the improvement of product quality, productivity, and hence competitiveness. Classifier was proposed by the combined methods of processing machinery parts. Designed classifier can be included in its database of more than 10,000 of the combined methods of treatment. The database is designed in such a way that the methods that are currently not known, may be further introduced into the classifier. Classifier can encode each of the methods of combination treatment, which makes it easy to navigate a large number of methods. Classifier has no restrictions on any factors, and individual methods. The ability to choose the optimal method for specifically defined condition and the detail of its production capabilities in today's engineer environment.

Ковалевский С. В.

д-р техн. наук, проф., зав. каф. ТМ

[prorector.uo@dgma.donetsk.ua](mailto:prorector.uo@dgma.donetsk.ua)

Стародубцев И. Н.

аспирант ДГМА

УДК 621.774.001

**Ковалевский С. В., Стародубцев И. Н.**

## **МЕТОДИКА КЛАССИФИКАЦИИ КОМБИНИРОВАННЫХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

Уровень развития предприятий в современных условиях высокой конкуренции и глобализации производства и сбыта определяется в первую очередь тремя, одинаково важными показателями их деятельности:

- производительностью труда;
- конкурентоспособностью продукции;
- качеством роста и развития, определяемым степенью инновационности технологической базы и адекватностью систем управления и организационного развития внешней и внутренней ситуации компании.

Улучшение этих показателей составляют сегодня ключевую задачу руководителей предприятий, так как именно их совокупность определяет текущую позицию предприятия на рынке и возможности и перспективы его успешного и стабильного развития. Низкое значение хотя бы одного из них делает положение предприятия в лучшем случае неустойчивым, а перспективы развития неопределенными [1, 2].

Интегрированные технологии (ИТ) предусматривают (и решают) совмещение (или максимальное сближение) во времени и пространстве этапов разработки, конструирования и изготовления новой модели, изделия, детали; значительное сокращение времени (получившее название Rapid Prototyping – RP). На современном этапе гибкая реакция производства на быстро изменяющиеся требования уже не обеспечивается только лишь повышением производительности или минимизацией стоимости продукции, наиболее важными становятся факторы времени и качество, требующее применения новейших технологий, способных обеспечить сокращение времени разработки, освоения производства и сбыта нового изделия. Известно, что в традиционной цепочке создания продукта между возникновением идеи и ее реализацией большой период времени приходится на изготовление моделей готовых образцов изделия. На основе ИТ задача значительного сокращения этого периода решается наиболее успешно.

ИТ базируются на органическом сочетании новых достижений в различных областях науки, техники, технологии, физики металлов, информации, использование которых обеспечивает быстрое получение нового продукта (изделия), с новым уровнем эксплуатационных, экологических и эстетических свойств, обеспечивающих ему высокую конкурентоспособность.

В настоящее время известны три направления создания ИТ, которые базируются:

- на генеративных методах изготовления. К генеративным относятся технологии, основанные на изготовлении изделий не путем отделения объемов (слоев), составляющих припуск, а путем – послойного наращивания объектов до достижения требуемых различных характеристик и качества на макро-, микро- и нано уровнях и конструирования физической поверхности;
- на усовершенствованных традиционных методах обработки (высокоскоростное и сверхвысокоскоростное резание, прецизионная и ультра прецизионная обработка, нано технология и др.);
- на комбинированных методах, сочетающих различные физико-химические эффекты и способы обработки (сочетание 1-го и 2-го направлений).

Комбинированные методы обработки совмещают воздействие нескольких физико-химических явлений. Простые методы обработки, в отличие от комбинированных, используют один вид энергии с одним способом подвода ее в зону резания.

Так, например, широко распространенная механическая обработка применяет механическую энергию при равномерном относительном движении инструмента и заготовки.

Промышленное освоение комбинированных методов обработки обладает тремя достоинствами. Они обеспечивают значительное повышение производительности и позволяют при использовании одной и той же обрабатывающей системы, т. е. на одном рабочем месте, путем регулирования последовательно осуществлять как черновую, так и чистовую обработку.

Таким образом, освоение комбинированных методов обработки приводит к повышению, как производительности обработки, так и качества деталей. Кроме того, в ряде случаев освоение комбинированных способов обработки позволяет достигнуть новых технических эффектов, например, значительно увеличить прочность, износостойкость и достигнуть других эксплуатационных параметров деталей.

Непрерывно возрастающие требования к качеству выпускаемых машин связаны с необходимостью повышения их надежности, которая в значительной степени определяется эксплуатационными свойствами отдельных деталей.

Эксплуатационные свойства деталей машин существенно зависят от качества поверхностного слоя, определяемого геометрическими (макроотклонения, шероховатость) и физико-механическими (микротвердость, структура, остаточные напряжения) параметрами. Все эти параметры зависят от технологии изготовления деталей, однако традиционные методы обработки часто не позволяют эффективно получать необходимые параметры качества поверхностей. Анализ технологических методов обработки поверхностей деталей машин показывает, что универсальных методов нет, каждый имеет свою конкретную область рационального применения, зачастую достаточно узкую. Технолог и конструктор стоят перед проблемой выбора высокоэффективного метода обработки из большого числа возможных или создания на основе их совмещения комбинированного метода обработки детали. На предприятиях машиностроения все шире применяются комбинированные методы термомеханической, электрофизической, электрохимической и ионно-лучевой обработки, в основу которых положено использование высокопроизводительных инструментов, а также разнообразных источников высококонцентрированной энергии. В процессе такой обработки поверхностный слой детали поглощает в короткое время значительное количество энергии. Образующиеся в нем неравновесные диссипативные структуры аккумулируют избыток энергии и самопроизвольно стремятся к состоянию с наименьшей свободной энергией. В поверхностном слое происходят необратимые процессы наследственности и самоорганизации, которые путем наложения и совместных действий потоков энергии ведут к образованию комплекса структур с определенными свойствами [2].

Целью работы является создание наиболее полного классификатора комбинированных методов обработки деталей машин, который позволит включить в себя существующие методы.

Как утверждают авторы, большими потенциальными возможностями улучшения эксплуатационных свойств поверхностей деталей машин обладает электромеханическая обработка (ЭМО) [3]. Эдигаров В. Р., Килунин И. Ю., Дегтярь В. В. берут за основу обработку ЭМО для построения схемы комбинированных методов обработки, которая отображена на рис. 1.



Рис. 1. Классификация методов электромеханической обработки (ЭМО) и комбинированных методов обработки на основе ЭМО

Развивая теорию структуры комбинированных методов, авторы предлагают следующую схему, основываясь на классификации электромеханических методов обработки и комбинированных методов обработки на основе ЭМО, которая может осуществляться по ряду признаков (рис. 2), характерных для всех комбинированных методов обработки [4, 5].

1. По количеству и природе подводимых видов энергии (энергетических воздействий).
2. По способу подвода энергии в зону обработки.
3. По характеру распределения энергетических воздействий в пространстве и времени.
4. По количественным характеристикам энергетических воздействий.

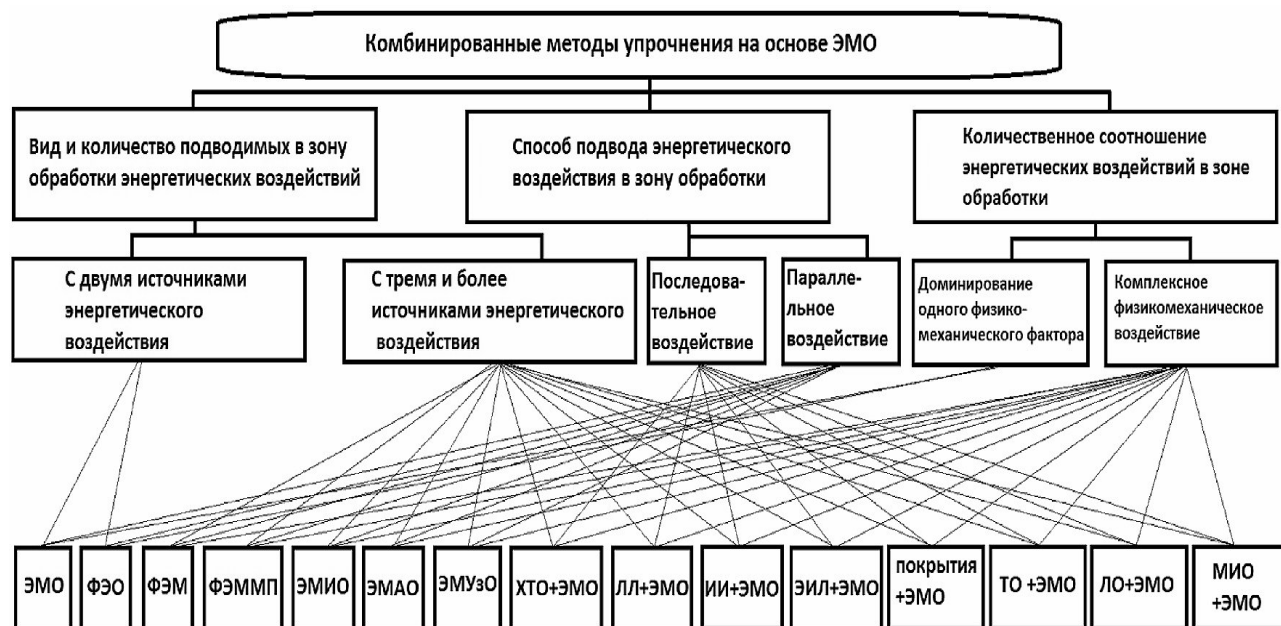


Рис. 2. Классификация комбинированных методов электромеханического упрочнения (ЭМУ)

Авторы [3] предлагают классический метод классификации комбинированных методов обработки, взяв за основу ЭМО. Однако комбинированные методы, основанные на ЭМО, уже дают ограничения по классификации. Наряду с ЭМО существует большое количество методов обработки, воздействия на объекты. Например, воздействие резонансных колебаний на деталь в упругой или некоей другой среде приводят к модификации поверхностных слоев и объема детали [6–8]. Методов, которые могут быть взяты за основу, может быть большое количество и тогда нужно будет для каждой «основы» создавать структурную таблицу, что не совсем эффективно.

Для комбинирования интегрированных методов обработки в одну систему, предложена иная методика и иной подход.

Если рассмотреть виды обработки деталей, начиная от токарной обработки и заканчивая современными прогрессивными методами нанесения сверхтонких пленок материалов для обеспечения требуемых параметров деталей машин, то можно сказать, что все процессы происходят по общей схеме. Технологическая система – это понятие характерно для всех методов обработки, которое включает в себя такие элементы, как инструмент, вид воздействия (каким образом происходит воздействия инструмента на деталь), среда – в какой среде происходит обработка (воздушная, полевая и т. д.) и какой источник дополнительной энергии мы используем. Это можно представить рис. 3.

Традиционное понятие технологическая система включает в себя четыре составляющих – это станок, приспособление, инструмент и деталь, взаимное влияние этих составляющих определяют качество, точность и экономичность обработки деталей машин традиционными методами обработки.

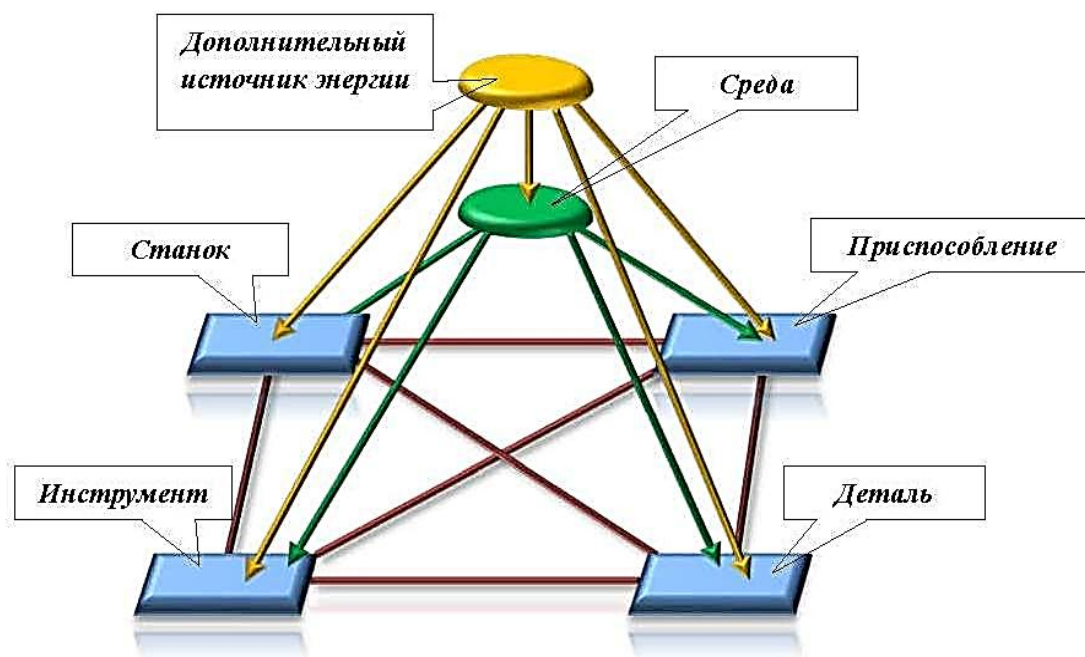


Рис. 3. Технологическая система с точки зрения комбинированных методов повышения эксплуатационных характеристик деталей машин

Говоря об интегрированных методах сложно характеризовать тот или иной метод классическими четырьмя критериями, поэтому инструмент, вид воздействия, среда и дополнительный источник энергии будут теми критериями, которые позволят полностью охарактеризовать и идентифицировать любой вид комбинированной обработки [9].

Имея четыре фактора воздействия, которые несут структурную группу, можно комбинировать, получая интегрированные методы обработки и диагностики деталей машин.

Присвоив каждому из факторов свой номер или позицию можно кодировать любой метод комбинированной обработки, который будет иметь свой классификационный номер. Так как имеется трех ступенчатая классификация каждого фактора, то он же будет классифицироваться по трехзначному номеру, а метод будет иметь такой вид классификации: XXX XXX XXX XXX. Где первый трехзначный код будет характеризовать инструмент, последующий вид воздействия, далее среду и дополнительный источник энергии. Как результат этой классификации может быть таблица комбинированных методов, подразделенных по виду воздействия на объект, либо локальное воздействие, либо объемное воздействие рис. 4.

На рис. 4 показана схема классификации комбинированных методов. Основываясь на четырех факторах технологической среды: инструмент, вид обработки, среда, дополнительный источник энергии получаем классификатор, который охватывает более 10 000 методов комбинированной обработки. Такого количества методов не существует на данный момент и некоторые комбинации не имеют, логического смысла, преимущество данного классификатора включить в себя все комбинированные методы, которые известны сейчас или только разрабатываются. На рис. 5 представлены частично методы, которые разрабатывались на кафедре ТиУП в научно-исследовательской лаборатории.

Рассмотрим возможность использования данного классификатора. Комбинируя факторы технологической системы, получаем комбинированные методы обработки. Имея кодировку легко можно создавать базу данных по каждому из методов. На примере изменения, какого либо фактора можно легко понять принцип классификации.

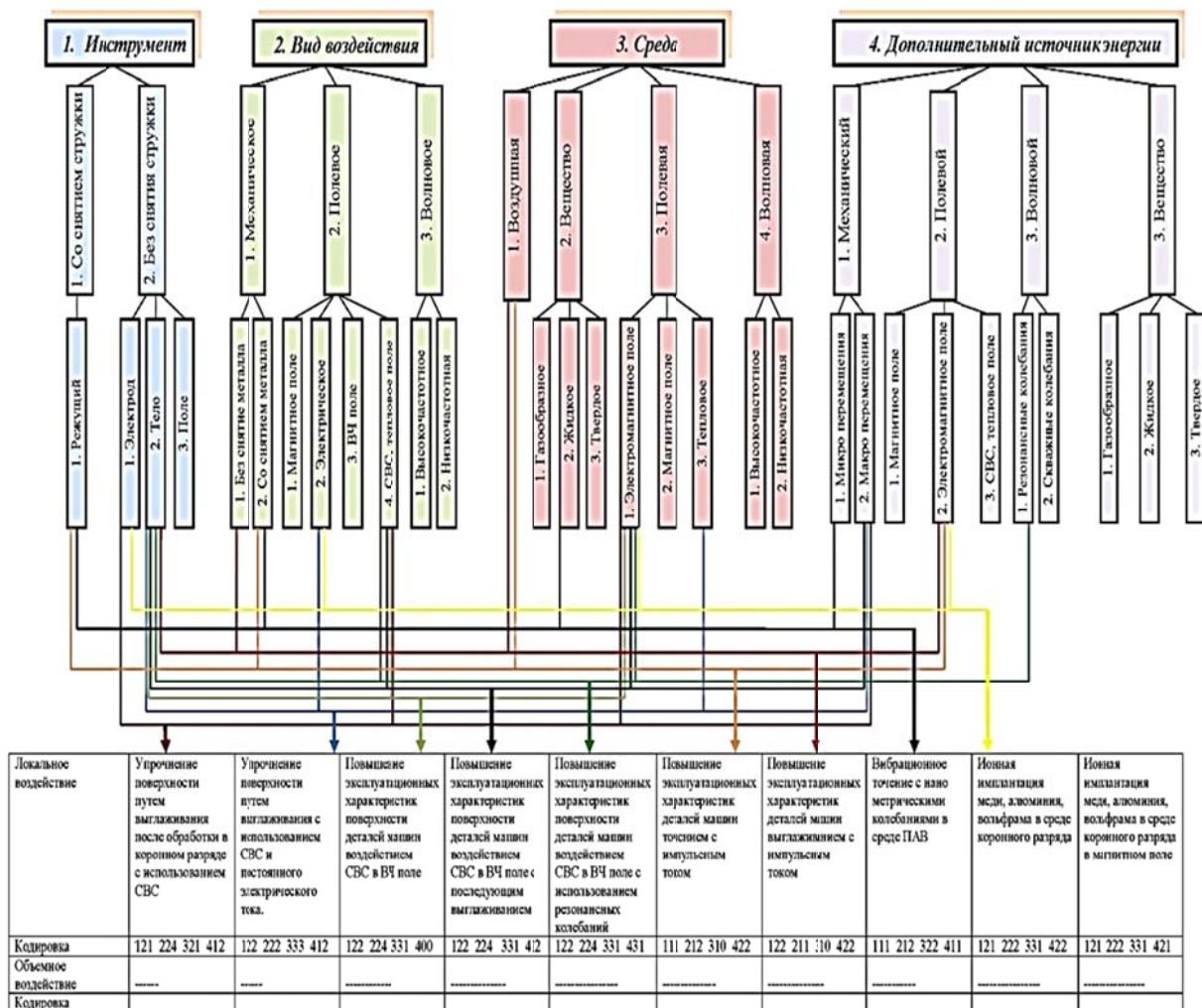


Рис. 4. Общая схема классификации комбинированных методов обработки

111 – инструмент (режущий лезвийный);

111.212 – контактное воздействие (классический вид лезвийной обработки);

111.212.310 – контактное воздействие в среде (лезвийная обработка в среде воздух, классическое точение);

111.212.310.411 – контактное воздействие в среде с дополнительным источником энергии (комбинированный метод лезвийной обработки с применением колебаний малой амплитуды).

Возьмем шифр инструмента 111, что означает режущий инструмент, который обрабатывает материал со снятием слоя, вид воздействия механический со снятием материала 212 и среда воздушная – 310, а последний фактор мы рассмотрим, как переменную 111.212.310.4xx в виде таблицы. Содержанием ячейки таблицы может быть метод, который существует. Тогда он записывается в ячейку, либо тот метод, который не известен сейчас, в ячейке ставится знак вопроса, и ячейки, которые вообще не используются, остаются пустыми.

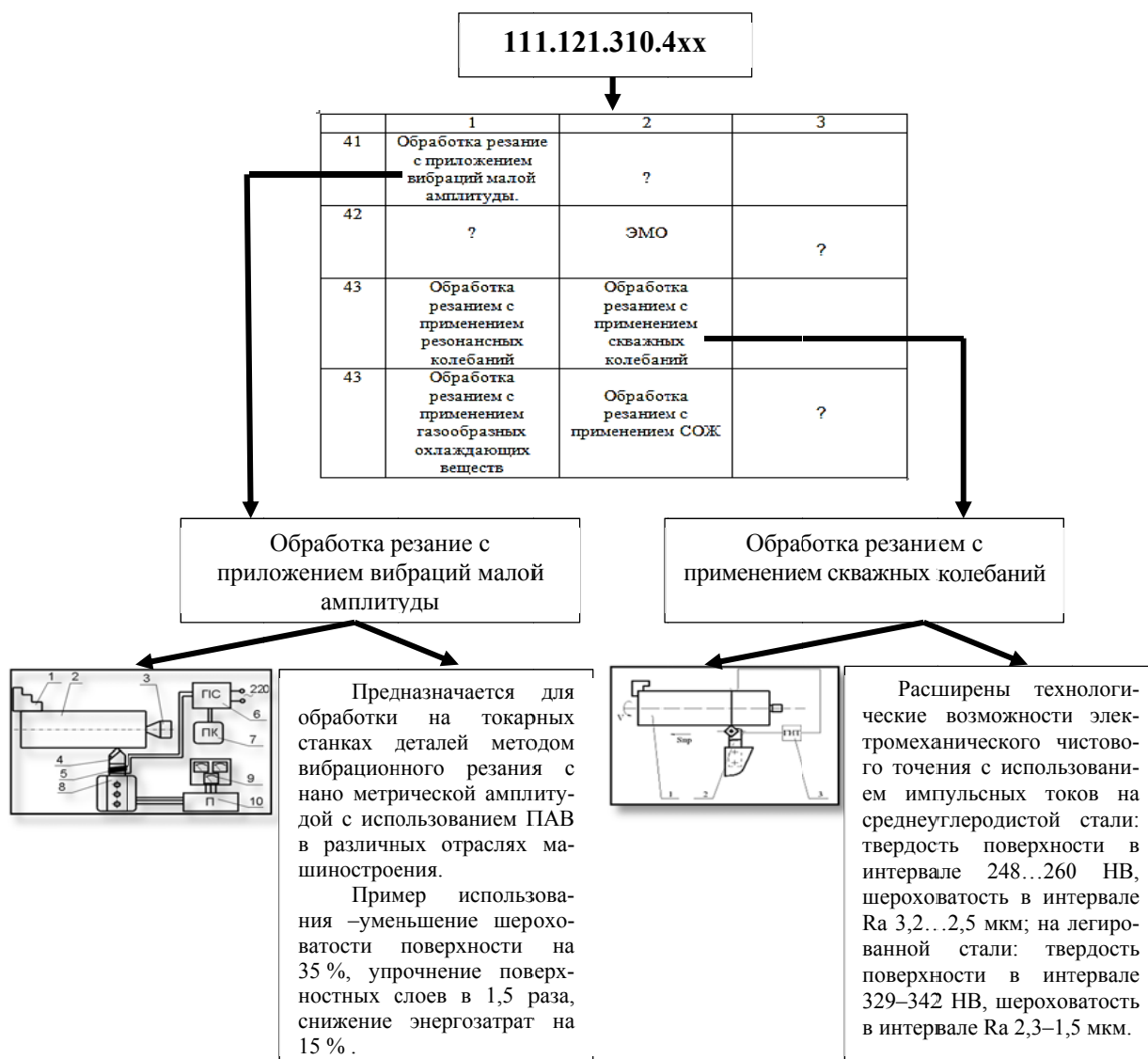


Рис. 5. Структурная схема классификации методов комбинированной обработки

Изменяя по порядку ту или иную переменную, мы получаем ряд возможных вариантов методов.

111.212.310.411

111.212.310.412

111.212.310.421

111.212.310.422

111.212.310.423

111.212.310.431

111.212.310.432

111.212.310.441

111.212.310.442

111.212.310.443 и т. д.

Представим в виде структурной схемы рис. 5, лезвийная обработка со съемом слоя материала в воздушной среде с использованием дополнительных источников энергии.

Сейчас идет разработка программного продукта, который позволит легко ориентироваться в данном классификаторе, а также осуществлять выбор оптимального метода для заданных условий качества поверхности, эксплуатационных характеристик и других параметров и факторов.

## ВЫВОДЫ

Разработанный классификатор позволяет включить в свою базу данных более 10000 комбинированных методов обработки. База данных рассчитана таким образом, что методы, которые на данный момент не известны в дальнейшем могут быть внесены в классификатор. Классификатор позволяет кодировать каждый из методов комбинированной обработки, что дает возможность легко ориентироваться в большом количестве методов в классификаторе. Классификатор не имеет ограничений по каким-либо факторам и отдельно взятым методам. Возможность выбирать оптимальный метод для конкретно заданных условий эксплуатации детали и возможности ее производства.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов В. Н. *Машиностроение в воспроизводственном процессе : монография* / В. Н. Борисов. – М. : МАКС Пресс, 2000. – 432 с.
2. Борисов В. *Машиностроение: реструктуризация и конкурентоспособность* / В. Н. Борисов // *Экономист*. – 1999. – № 7. – С. 67–70.
3. Эдигаров В. Р. *Классификация комбинированных методов обработки на основе электромеханического упрочнения* / В. Р. Эдигаров, И. Ю. Килунин, В. В. Дегтярь // *Современные наукоемкие технологии*. – 2012. – № 3. – С. 32–35
4. Аскинази Б. М. *Упрочнение и восстановление деталей машин электромеханической обработкой* / Б. М. Аскинази. – 3-е изд – М. : Машиностроение, 1989. – 200 с.
5. Киричек А. В. *Технология и оборудование статико-импульсной обработки поверхностным пластическим деформированием* : Библиотека технолога / А. В. Киричек, Д. Л. Соловьев, А. Г. Лазуткин. – М. : Машиностроение, 2004. – 288 с.
6. Подураев В. Н. *Обработка резанием с вибрациями* / В. Н. Подураев. – М. : Машиностроение, 1970. – 350 с.
7. Бабичев А. П. [и др.] *Физико-технологические основы методов обработки. Уч. пособие* // ДГТУ. Изд. центр Ростов-на-Дону. 2003. 316с.
8. Кумабэ Д. *Вибрационное резание* / Д. Кумабэ ; пер. с яп. С. Л. Масленникова ; ред. Портнова И. И., Белова В. В. – М. : Машиностроение, 1985. – 423 с.
9. ГОСТ 27.004-85. *Системы технологические. Термины и определения*. – Взамен ГОСТ22954-78 ; введ. 01.01.79. – Изд. июль 1986 (ИУС. 1985. № 1).