

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФГУП «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЭЛЕКТРОННО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ»
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ПГАУ

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

**II Всероссийская научно-практическая конференция
с международным участием**

Сборник статей

12 - 13 апреля 2021

г. Пенза

УДК 62+33
ББК 3+39

Под общей редакцией доктора технических наук, профессора, **В.А. Скрыбина**,
доктора технических наук, доцента, **А.Е. Зверовщикова**

ОРГКОМИТЕТА КОНФЕРЕНЦИИ

Председатель – Владимир Александрович Скрыбин, академик Академии информатизации образования Российской Федерации, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии и оборудование машиностроения» ПГУ (г. Пенза);

Сопредседатель – Александр Евгеньевич Зверовщиков, член-корреспондент Международной академии информатизации, член Международного союза машиностроителей, заведующий кафедрой, доктор технических наук, доцент, заведующий научной лабораторией «Технологии, материалы, процессы и оборудование машиностроения» ПГУ (г. Пенза).

Техника и технология современных производств: сборник статей II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / МНИЦ ПГАУ. – Пенза: РИО ПГАУ, 2021. – 218 с.

В сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Техника и технология современных производств» включены результаты теоретических и экспериментальных исследований ученых, преподавателей высших учебных заведений, аспирантов, магистрантов и студентов, посвященных развитию техники и технологии современных инновационных производств.

The collection of materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation "Technology and Technology of modern production" includes the results of theoretical and experimental studies of scientists, teachers of higher educational institutions, postgraduates, undergraduates and students devoted to the development of technology and technology of modern innovative production.

КОНСТРУКЦИЯ СОПЛОВОГО ПРИВОДА ДЛЯ СТЕНДА ДИСПЕРГИРОВАНИЯ

И.Р. Альбеков¹

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»,
г. Пенза, Россия*

В статье рассмотрены основные характеристики перспективной системы быстроходного привода для стенда электродугового диспергирования, приведена конструктивная схема соплового аппарата газотурбинного привода, а также математическая зависимость, позволяющая построить логику автоматизированной системы управления сопловым аппаратом рассматриваемой конструкции на основе преобразования данных контура обратной связи.

Ключевые слова: привод, электродуговое диспергирование, сопловой аппарат, регулирование.

На современном этапе развития машиностроения оборудование обрабатывающих цехов состоит главным образом из металлорежущих станков различных групп, производительность которых во многом зависит от применяемых инструментальных материалов. Наиболее распространенными инструментальными материалами на сегодняшний день являются вольфрамосодержащие твердые сплавы различных марок. Существенное воздействие на физико-механические и эксплуатационные свойства режущего инструмента оказывают такие параметры порошков твердого сплава, как гранулометрический и фазовый состав [1]. В работах [2] и [3] рассматривается новый способ электродугового диспергирования расплава карбида вольфрама, предполагающий реализацию сложного взаимного движения двух вращающихся электродов с образованием дугового разряда между ними. Также в работе [4] наглядно продемонстрирована неоднородность гранулометрического состава порошка вольфрамосодержащего твердого сплава, полученного методом электроэрозионного диспергирования. Ввиду общности природы этих методов, весьма вероятно, что для предлагаемой технологии электродугового диспергирования будет также характерен разнородный фракционный состав получаемого сырья, однако сложная кинематическая схема распыления расплава предполагает наличие дополнительных факторов, влияющих на стабильность горения электрической дуги. В качестве основных параметров процесса, влияющих на режим горения электрической дуги, принято выделять:

¹ Научный руководитель: А. Е. Зверовщиков

- Ток
- Напряжение
- Степень ионизации газовой среды
- Величину зазора между электродами
- Химический состав и агрегатное состояние внешней среды
- Материалы электродов

При реализации приведенной в работах [2] и [3] кинематической схемы установки распыления порошка карбида вольфрама возникает проблема постоянного поддержания заданной величины зазора между электродами, что дополнительно осложняется погрешностями, связанными с точностью взаимного движения электродов при больших угловых скоростях вращения. В связи с этим особую значимость для успешной реализации новой технологии представляет задача проектирования привода стенда электродугового диспергирования, отвечающего следующей группе критериев:

- Высокая точность вращения главного шпинделя;
- Высокая быстроходность;
- Высокая виброустойчивость;
- Высокая точность и оперативность регулирования частоты вращения.

Виброустойчивость привода, как известно, зависит не только от динамических характеристик шпиндельного узла установки, но и от амплитуд и количества возмущающих сил, возникающих в цепи передачи и преобразования крутящего момента. Следовательно, для максимально эффективного решения поставленной задачи необходимо минимизировать число жестких связей в системе привода, или вовсе их исключить. В таком случае выгодно было бы использование газотурбинного привода, однако все известные схемы приводов такого типа характеризуются низкой точностью и оперативностью регулирования частоты вращения.

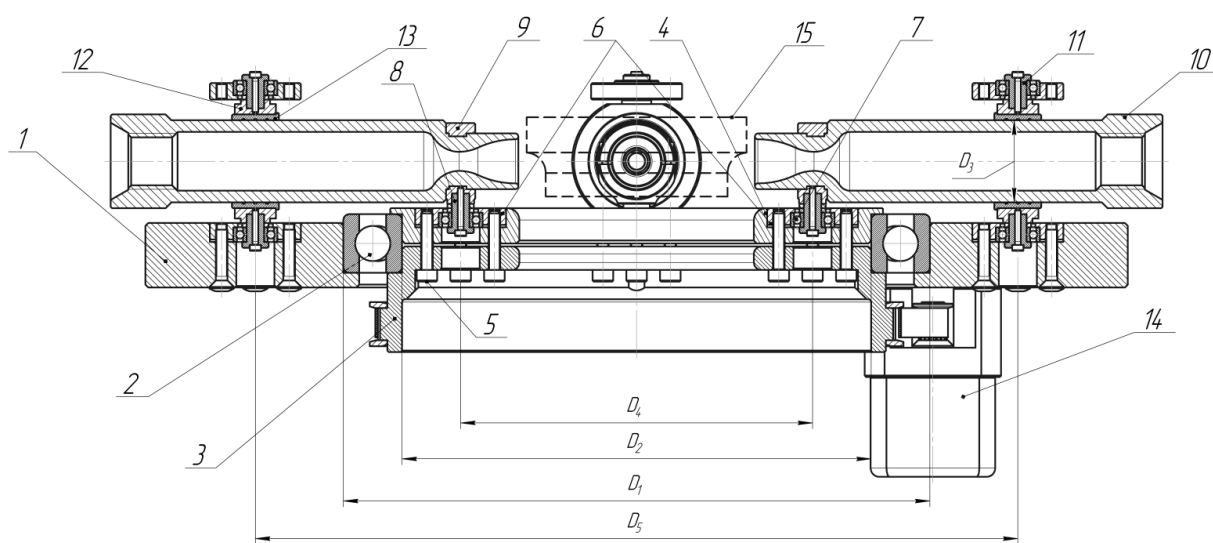


Рисунок 1 – Вариант конструкции соплового аппарата реверсивного типа действия

В целях решения проблемы низкой точности и оперативности регулирования угловой скорости вращения шпиндельных узлов оборудования, оснащаемого газотурбинным приводом, предлагается использование конструктивной схемы соплового аппарата радиально-осевой турбины реверсивного действия, представленной на рисунке 1.

Сопловой аппарат содержит неподвижную монтажную плиту 1 с закрепленным на ней по диаметру D_1 радиальным подшипником 2, с внутренним кольцом которого по диаметру D_2 и торцам жестко связаны ведомое колесо зубчато-ременной передачи 3 и несущий диск поворотных осей соплового аппарата 4, стягиваемые между собой винтами 5 через крышки подшипниковых узлов 6, которые содержат радиальные подшипники 7 с фиксированными во внутренних кольцах подшипников поворотными осями 8, жестко связанными с соплами 10 посредством стяжных хомутов 9. Оси 11 поворотных колец ползунов 12 аналогичным образом крепятся на монтажной плите 1 соплового аппарата и через антифрикционные втулки 13 образуют поступательные кинематические пары с внешними цилиндрическими поверхностями сопел 10 по диаметру D_3 . Внутреннее кольцо подшипника приводится в движение посредством зубчато-ременной передачи шаговым двигателем 14, что обеспечивает перемещение поворотных осей 8 по окружности диаметром D_4 , что в свою очередь вызывает сложное движение сопел 10, сочетающее изменение их угла наклона относительно нормали к внешней окружности колеса турбины с поступательным движением относительно поворотных колец ползунов 12, оси вращения которых расположены на диаметре D_5 . Расположение контура колеса турбины 15 обозначено штриховой линией. В этой области техники также известны решения по патентам [5] и [6]. Однако недостатком существующих систем является отсутствие возможности торможения за счет реверсирования потока газа в приводе, что не позволяет оперативно и с высокой точностью варьировать частоту вращения колеса турбины. Можно перечислить следующие ключевые преимущества предлагаемого решения:

- возможность более точного независимого регулирования подачи потока газа по скорости и по углу атаки;
- повышенная точность регулирования за счет увеличенной жесткости системы;
- увеличенный КПД привода за счет использования осесимметричных сопел;
- возможность изменения направления движения потока газа для торможения, либо изменения направления вращения колеса турбины.

На рисунке 2 показан треугольник скоростей на входе в колесо центробежной турбины.

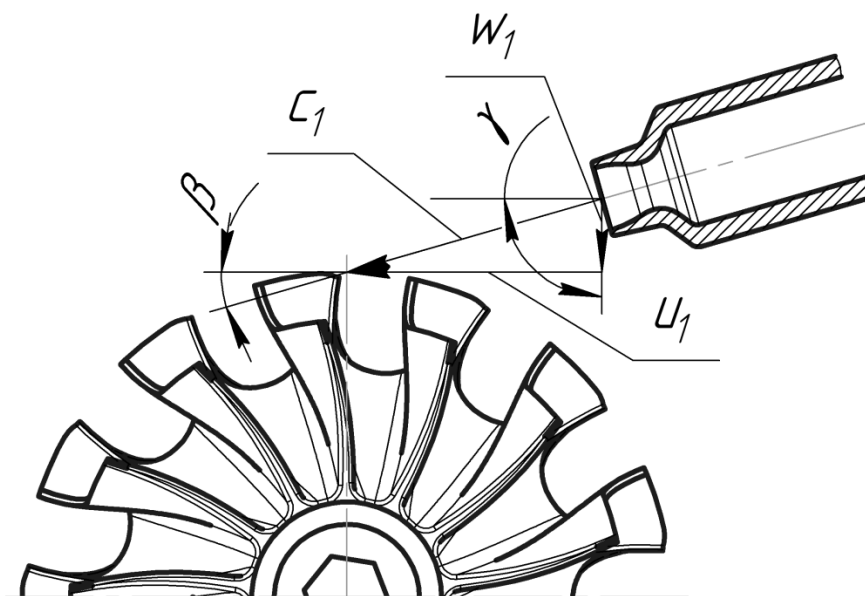


Рисунок 2 – Треугольник скоростей радиально осевой турбинной ступени

В соответствии с материалами работы [7] абсолютная скорость потока c_1 является векторной суммой относительной скорости w_1 и окружной скорости колеса турбины u_1 , следовательно, угол β , за счет подбора которого достигается максимальный КПД ступени турбины на стационарном режиме при $\gamma=90^\circ$, на переходном режиме при фиксированных значениях КПД и абсолютной скорости потока c_1 является функцией окружной скорости колеса турбины u_1 , следовательно, эффективность работы ступени турбины может быть увеличена за счет независимого регулирования абсолютной скорости потока c_1 и угла выхода потока из сопла β , что невозможно осуществить при использовании лопаточных сопловых аппаратов известных конструкций. При этом оптимальное значение угла β в зависимости от окружной скорости u_1 без учета потерь может быть определено как

$$\beta = \arccos \left(\frac{u_1}{c_1} \right) \quad (1)$$

Данное выражение является в первом приближении основной функцией оптимизации для управления углом поворота несущего диска соплового аппарата для получения максимального КПД привода, как на переходном, так и на стационарном режиме.

Таким образом, предложенная конструкция соплового аппарата позволяет оптимизировать работу газотурбинных установок и расширить их область применения в современной технике за счет увеличения точности и оперативности регулирования частоты вращения. Также стоит отметить, что, с применением выражения (1) в качестве критерия оптимизации,

устройство может быть дополнено системой автоматизированного регулирования угла поворота несущего диска на основе программируемого логического контроллера, управляющего сопловым аппаратом посредством шагового двигателя и считывающего показания датчиков частоты вращения шпинделя установки и скорости потока газа на выходе из сопла, что позволит связать управляющее воздействие с режимом работы привода.

Список использованных источников

1. Гропянов, А.В., Ситов Н.Н., Жукова М.Н. Порошковые материалы: учебное пособие / ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб., 2017. – 74 с.
2. Zverovshchikov, A.E., Tarantsev K.V., Borisov D.V. Determination of the parameters of the spray area during electric arc dispersion of the material. *Materials Today: Proceedings (ELSEVIER)*. Received 10 May 2020, Accepted 7 August 2020. Available online 8 October 2020.
3. Zverovshchikov, A.E., Tarantsev K.V., Borisov D.V. Determination of the time of formation of particles during arc centrifugal dispersion *Materials Today: Proceedings (ELSEVIER)*. Received 10 May 2020, Accepted 7 August 2020, Available online 8 October 2020.
4. Агеев, Е.В., Давыдов А.А., Денисова Е.В. Определение гранулометрического состава твердосплавных электроэрозионных порошков ситовым методом // Новые материалы и технологии в машиностроении. 2012. № 16. С. 3-5.
5. Патент РФ № 2125164 С1 20.01.1999. Газонагнетательная турбина с радиальным прохождением потока // Йозеф Бэтс (BE), Марсель Цендер (CH).
6. Патент US 4,659,295 Apr. 21, 1987. Gas seal vanes of variable nozzle turbine// Fred E. Burdette (US); Jean-Luc Fleury (US); Manfred Roessler (US).
7. Макушев, Ю.П. и др. Агрегаты наддува двигателей / Ю.П. Макушев, С.В. Корнеев, В.В. Рындин. Учебное пособие. Омск: Изд-во СибАДИ, 2006.– 58 с.

DESIGN OF THE NOZZLE DRIVE FOR THE DISPERSION STAND

I.R. Albekov

*FSBEI HE «Penza state university»,
Penza, Russia*

This paper describes the main characteristics of a promising high-speed drive system for an electric arc dispersion stand, provides a design diagram of a turbine drive nozzle unit, as well as a mathematical dependence that allows to build the logic of an automated control system for the designed nozzle unit based on the data conversion of the feedback control loop.

Key words: drive, electric arc dispersion, nozzle unit, control.

УПРАВЛЕНИЕ ИЗДЕРЖКАМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ

А.А. Гергиева, К.С. Лазарева, Р.А. Тимофеев

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия*

Корпоративные затраты являются наиболее важным показателем качества для определения того, насколько успешно компания выполняет свою задачу по дальнейшему развитию торговли, повышению торговой культуры и обслуживанию населения. Правильный учет и планирование корпоративных затрат поможет улучшить культуру торговли, помогая бороться с бесхозяйственностью и устранять лишние расходы.

Ключевые слова: издержки компании, затраты, снижение издержек, расходы.

Каждая компания должна иметь четкое представление о том, на какую прибыль они могут рассчитывать, прежде чем начать производство. Для этого нужно изучить спрос и определить цену, по которой товар будет продаваться на рынке. Компании также необходимо сравнить предполагаемую выручку с понесенными затратами.

В связи с этим каждая компания для нормального осуществления своей деятельности должна иметь определенную сумму средств, чтобы иметь возможность нести требуемые затраты и управлять ими. Распределение товаров требует социальных затрат, связанных с доставкой, хранением и продажей товаров. Вопросы затрат – один из самых острых и важных вопросов в экономике компании. Дело в том, что уровень, динамика и структура издержек обращения тесно связаны со всеми аспектами экономической деятельности компании, организуя процесс перемещения товаров из зон планирования и производства в зоны потребления [2].

Различают виды издержек:

1. Экономические
2. Бухгалтерские
3. Возвратные и невозвратные
4. Постоянные
5. Переменные

I. Экономические издержки – это стоимость других товаров и услуг, которые могут быть получены при наиболее выгодном альтернативном использовании этих ресурсов.

Альтернативные (экономические) издержки = Явные издержки + Неявные издержки

- Явные издержки – это альтернативные издержки в виде денежных выплат поставщикам факторов производства и промежуточных товаров.
- Неявные издержки – это альтернативная стоимость использования собственных ресурсов компании, то есть неоплаченные расходы.

II. Бухгалтерские издержки – это затраты на ресурсы, которые компания использует по фактической цене приобретения.

Бухгалтерские издержки = Явные издержки

III. Невозвратные издержки – это стоимость типа ресурса, не имеющего альтернативного использования.

В широком смысле невозвратные затраты – это затраты, которые не могут быть возмещены, даже если бизнес остановлен.

IV. Постоянные затраты - это затраты, которые не зависят от производства компании в краткосрочной перспективе. Они представляют собой стоимость этого постоянного фактора производства.

V. Переменные затраты – это затраты, которые зависят от объемов производства компании. Они представляют собой переменные издержки фактора производства компании.

Управление издержками предприятия связано с принятием решения о том, как рационализировать структуру затрат, сократить её, максимизировать прибыль и повысить эффективность производства [4].

Как правило, можно снизить затраты на производство и продажу продуктов при условии, что вы разумно используете продукты (сырьё, материалы, оборудование, финансы) и максимизируете их прибыль.

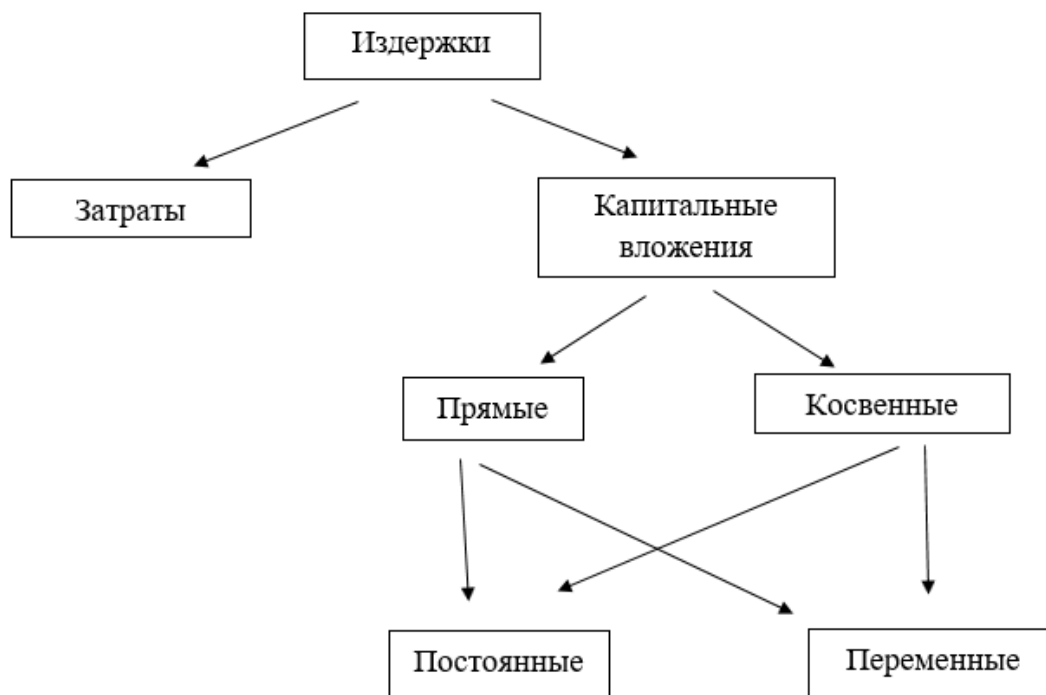


Рисунок 1 – Классификация издержек предприятия

Управление издержками включает в себя:

- Анализ себестоимости продукции (структура и динамика по статьям затрат, по элементам затрат, в зависимости от объема производства; определение возможности снижения затрат; анализ зависимости постоянных и переменных затрат от объема производства);

- Операционный анализ (анализ чувствительности, оценка изменения факторов, прогноз финансовых показателей операционного анализа);

Разработка мероприятий по сокращению издержек (план мероприятий, оценка затрат на реализацию мероприятий, оценка эффективности предложенных мероприятий) [3].

Затраты всегда являются результатом спроса и предложения. Увеличение спроса на товар увеличивает стоимость приобретения этого товара, если только это не приводит к увеличению стоимости предложения.

Управление затратами предприятия включает в себя следующее:

1. Способность четко определять размер затрат компании (включая знание того, где, когда и сколько ресурсов компании тратится).

2. Возможность определения потребности в дополнительном финансировании для обеспечения бесперебойного финансирования производственных затрат.

3. Умение эффективно использовать вложенные средства в производственные затраты.

Следовательно, процесс управления производственными затратами можно определить как способность экономить ресурсы и максимизировать доход от ресурсов.

Эффективное управление производственными затратами позволяет:

- Производить конкурентоспособную продукцию за счет более низких затрат и, как следствие, наличия качественной и достоверной информации о стоимости определенных видов продукции и их положении на рынке по сравнению с товарами других производителей;

- Получать возможность использования гибкой ценовой политики;

- Обеспечить предоставление объективных данных для составления операционного бюджета;

- Обеспечить умение финансово оценить деятельность каждого направления бизнеса;

- Принять осознанные и объективные решения.

В заключение, несомненно, что каждый производитель должен стремиться снизить производственные затраты и снизить производ-

ственные затраты. Снижение затрат ведет к увеличению прибыли на единицу продукции, поскольку цены на продаваемую продукцию стабильны. Затем поощрите каждую компанию использовать производственный процесс, который обеспечивает определенный объем производства при наименьших затратах на производственный фактор, к которому он применяется.

Снижение затрат - одна из основных целей компании. Достигнув минимальных затрат, компания может прочно стоять на рынках конкурентов, а затем значительно увеличивать прибыль. Возможности снижения затрат доступны любому бизнесу. Анализ ключевых показателей деятельности компании может помочь выявить эти возможности [1].

Список использованных источников

1. Сидоров, Л.Н. Антикризисное управление. Учебно-методическое пособие программы курса «Антикризисное управление», мн.: БГЭУ, 2004 г. – 76 с.
2. Мочалина, Е.А. Системы управления затратами: Учебник. – Иркутск, 2014. – 209 с.
3. Трубочкина, М.И. Управление затратами предприятия: учебное пособие. – Москва: Научно-издательский центр ИНФРА-М, 2013. – 319 с.
4. Шафронов, А.Д. Экономическая теория: учеб. пособ. - Брянск: РИО БГУ, 2006.

FACTORY COST MANAGEMENT

A.A. Gergieva, K.S. Lazareva, R.A. Timofeev

*FSBEI of HE «Kazan State Energy University»,
Kazan, Russia*

Corporate costs are the most important quality metric for determining how well a company is fulfilling its mission of further developing trade, enhancing its trade culture and serving the public. Correct accounting and planning of corporate costs can help improve the culture of the trade, helping to combat mismanagement and eliminate unnecessary expenses.

Key words: company costs, costs, cost reduction, costs.

ВЛИЯНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОЛИЗА НА СКОРОСТЬ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ И СВОЙСТВА СПЛАВА МЕДЬ-ОЛОВО

М.В. Глебов, А.Н. Вантеев, Л.В. Наумов

*ФБГОУ ВО «Пензенский государственный университет»,
г. Пенза, Россия*

С целью увеличения скорости электроосаждения сплава медь-олово предложено вести электролиз при вибрации катода и при воздействии переменным магнитным полем. Установлена зависимость состава сплава и выхода по току от технологических параметров осаждения. В работе исследовано влияние режимов электролиза на свойства покрытий.

Ключевые слова: покрытие, сплав, медь-олово, оксалатный электролит, нестационарный режим, вибрация катода, магнитное поле, скорость осаждения, свойства.

В промышленности практическое применение нашли покрытия сплавами медь-олово, содержащими 10-20 % (желтая бронза) и 40-45 % олова (белая бронза). Желтая бронза хорошо защищает стальные детали от коррозии в пресной воде при температуре 90 – 100°C, обладает низким коэффициентом трения, хорошо поддается пайке. Её применяют в качестве подслоя, при частичном азотировании стальных деталей, для покрытия вкладышей подшипников скольжения, в качестве твёрдого припоя, для декоративной отделки фурнитуры и других изделий. Белая бронза отличается высокими декоративными свойствами и имеет пористость меньшую, чем никелевые покрытия. Белую бронзу наносят на электронные компоненты, рефлекторы, различные изделия, применяемые в быту [1]

подавляющее большинство известных электролитов для электроосаждения сплава медь-олово обладают низкой скоростью электроосаждения и низким выходом по току [2].

Для увеличения производительности процесса электроосаждения сплава медь-олово можно применять нестационарные режимы электролиза. Применение таких режимов позволяет повысить скорость нанесения покрытия за счет интенсификации массопереноса, увеличивая рабочую плотность тока, а также улучшить качество и физико-механические свойства покрытий [3].

Для электроосаждения сплава медь-олово был выбран электролит на основе щавелевой кислоты [4].

Для обеспечения осаждения на стационарном режиме блестящих покрытий сплавом медь-олово золотистого цвета и наибольшей стабильности

электролита я рекомендую применять электролит с содержанием сульфата олова 5 г/л, рН 4,5-5, вести электролиз при комнатной температуре. При этих параметрах и плотности тока 0,5 А/дм² осаждаются покрытия с содержанием олова в сплаве около 24 % и выходом по току до 98 %.

Воздействие переменным магнитным полем на электролит по сравнению со стационарным режимом осаждения повышает содержание олова в сплаве на 5-7 %. Рабочая плотность тока повышается до 0,7 А/дм². Рост содержания олова в сплаве обусловлен уменьшением поляризации, которой в большей степени подвержено олово. Уменьшение поляризации стадии разряда, очевидно, связано с увеличением подвижности ионов в прикатодном пространстве.

Применение вибрации катода позволяет получать блестящие покрытия при значительно больших плотностях тока, чем на стационарном режиме электролиза (до 2-2,5 А/дм²). В отличие от стационарного режима применение вибрации катода позволяет получать покрытия с содержанием олова в сплаве от 26,5 % до 39,5 %.

Высокий выход по току, характерный для режима вибрации катода, близок к 100 %, что обусловлено снятием диффузионных ограничений за счёт эффективного перемешивания электролита в прикатодном пространстве.

Вибрация катода и переменное магнитное поле оказывают влияние на физико-механические и коррозионные свойства сплава медь-олово.

Исследование внутренних напряжений показало, что максимальные значения внутренних напряжений до 380 МПа наблюдаются при содержании олова в сплаве около 25 %. Такие покрытия имеют блестящий золотистый вид.

Микротвёрдость осадков, полученных при вибрации катода и воздействии на электролит переменного магнитного поля примерно на 0,2 – 0,3 ГПа ниже, чем на стационарном режиме, что сравнимо с микротвёрдостью литейного сплава медь-олово. Сплав с содержанием олова 23 % имеет максимальную микротвёрдость 1,75 ГПа, что превосходит микротвёрдость чистой меди более чем в 2 раза.

Сплав медь-олово с содержанием олова в сплаве 17 – 22 % характеризуется низким значением переходного электросопротивления. Компоненты сплава медь и олово не обладают такими характеристиками. Измерения переходного электросопротивления в процессе коррозионных испытаний в течение 288 часов в камере влаги показали, что сплавы медь-олово с содержанием олова в сплаве от 20 до 30 % обладают довольно стабильным значением переходного сопротивления.

Наименьшим переходным сопротивлением характеризуется сплав медь-олово с содержанием олова до 20 %. Сплавы с содержанием олова более 25 % обладают большим переходным электросопротивлением, чем

медь, что исключает в принципе их применение в качестве материала для коммутационных электрических контактов.

Стабильность низкого переходного электросопротивления сплава медь-олово объясняется его повышенной коррозионной стойкостью.

Износостойкость сплавов медь-олово с содержанием олова до 30 % превышает износостойкость меди. Например, износостойкость сплава с содержанием олова 6 % превышает износостойкость меди в 3 раза.

Коэффициент трения для покрытия, полученного при вибрации катода равен 0,066, для покрытия, полученного при воздействии на электролит переменного магнитного поля – 0,054, для покрытия, полученного на стационарном режиме – 0,047.

Исследования паяемости покрытий сплавом медь-олово показали, что величина коэффициента растекания припоя зависит от состава сплава. Для сплава, полученного при вибрации катода, содержащего 45 % олова, он равен 98,3 %, что соответствует очень хорошей паяемости.

Оценочный балл коррозионной стойкости стальных образцов (коррозионные испытания в камере влаги по ГОСТ 27597), покрытых сплавом медь-олово в зависимости от состава составил от 5 до 9, в то время как для медного покрытия – 3. Оценочный балл коррозионной стойкости от 5 до 10 соответствует успешному прохождению коррозионного испытания.

Применение вибрации катода и воздействие переменным магнитным полем позволяет интенсифицировать процесс нанесения покрытия сплавом медь-олово, расширить диапазон содержания олова в сплаве и, тем самым расширить сферу применения данного покрытия. При стационарном режиме скорость нанесения покрытия 8 мкм/ч, при воздействии переменного магнитного поля – 10 мкм/ч, а для вибрации катода – 40 мкм/ч.

Список использованных источников

1. Металловедение покрытий: Учебник для вузов / И.М. Ковенский В.В. Поветкин–М.: «СП Интермет Инжиниринг», 1999. – 296 с.
2. Космодиманская Л. В. Некоторые особенности процесса бронзирования из сульфатных электролитов / Л. В. Космодиманская, К. М. Тютин, О. Е. Николаева, Ле Хюэ Хыонг, И. В. Одиноква // Технология неорганических веществ и материалов. – 2005. – № 11.
3. Закономерности электроосаждения сплава кобальт-никель при различных режимах электролиза / Л. В. Наумов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион – 2013. – № 01(25). – С. 76-84.
4. Щавелевокислый электролит для осаждения сплава медь-олово // Патент России № RU 2 487 967 С1. 2012. / Виноградов С.Н., Глебов М.В.

INFLUENCE OF NON-STATIONARY ELECTROLYSIS MODES ON THE SPEED OF ELECTRODEPOSITION AND PROPERTIES OF A COPPER-TIN ALLOY

M.V. Glebov, A.N. Vanteev, L.V. Naumov

*Penza State University,
Penza, Russia*

In order to increase the electrodeposition rate of the copper-tin alloy, it is proposed to carry out electrolysis under vibration of the cathode and when exposed to an alternating magnetic field. The dependence of the alloy composition and current efficiency on the technological parameters of deposition is established. The effect of electrolysis modes on the properties of coatings is investigated.

Keywords: coating, alloy, copper-tin, oxalate electrolyte, non-stationary mode, cathode vibration, magnetic field, deposition rate, properties.

УДК 004.31

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ АППАРАТНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ

К.А. Емельянов, С.П. Черный

*ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»,
г. Комсомольск-на-Амуре, Россия*

В данной статье рассматриваются проблемы производительности современных систем управления сложными кинематическими системами и робототехническими комплексами, а также вариант ее решения с помощью применения аппаратного ускорения на программируемой логической интегральной схеме или интегральных схемах специального назначения.

Ключевые слова: промышленная робототехника, системы управления, ПЛИС, аппаратное ускорение.

С развитием новых материалов и технологий производства, к оборудованию предъявляется все больше требований: современные технологические процессы становятся более требовательными к скорости, точности и сложности кинематической схемы. Если текущее развитие мехатроники и робототехники вполне удовлетворяет вышеуказанным требованиям к

физической реализации, то с системами управления возникают сложности [1]. На смену классическим ПИД-регуляторам пришли интеллектуальные, появились требования к реализации контроля по прилагаемой силе, реализуются решения кооперативной работы нескольких систем, обработка больших объёмов данных с более сложных датчиков [2].

Соответственно, с ростом количества и сложности решаемых системой управления задач, выросли и требования к вычислительным единицам. К примеру, 40 лет назад для работы шести осевого робота-манипулятора хватало 16-битного микропроцессора, в то время как сейчас используются встраиваемые промышленные ПК, основанные на современных 32/64-х разрядных решениях, аналогичных применяемым в стационарных ПК [3]. Проблема последнего решения является высокий рост стоимости при увеличении производительности, что неблагоприятно влияет на эффективность такого решения при увеличении сложности алгоритмов или кинематической схемы.

Для решения данной проблемы предлагается использовать аппаратное ускорение. Оно позволяет добиться уменьшения задержки и увеличения пропускной способности устройства. В современной микропроцессорной технике активно используются различного рода ускорители: от распространенного FPU (мат. сопроцессор) до набирающего популярность NPU (ИИ-ускоритель).

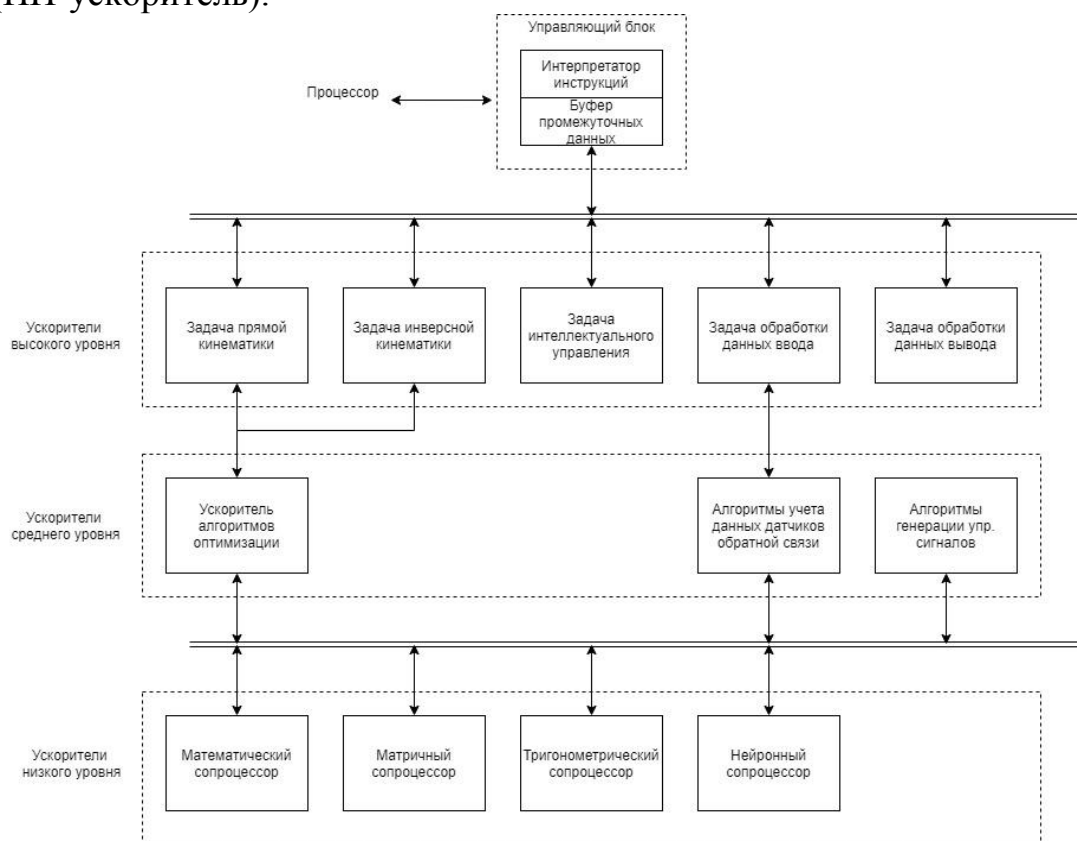


Рисунок 1 – Структурная схема примера реализации с общим доступом к ускорителям низкого уровня

Для реализации такого подхода потребуется спроектировать аппаратное решение каждой отдельной функции алгоритма управления, с учетом выбранного метода, а также реализовать более низкоуровневые решения для непосредственной реализации вычислений. К примеру, для аппаратного ускорения расчетов задач кинематики на основе матричного аппарата потребуется реализовать низкоуровневые функции решения матричных, тригонометрических операций и алгоритмов оптимизации. Низкоуровневые ускорители могут быть как общие, для экономии ресурсов, так и личные, для уменьшения времени расчетов. Пример такой структуры показан на рисунке 1.

Физически такие решения могут быть выполнены с применением FPGA или ASIC. Реализация на программируемой логической интегральной схеме (FPGA) позволит более эффективно использовать ресурсы и гибко настраивать конфигурацию объекта управления. Реализация на интегральных схемах специального назначения (ASIC) позволит минимизировать итоговую стоимость системы.

Процессор в такой архитектуре выполняет роль супервизора и занимается в основном только отправкой заданий на блок управления ускорителями. Соответственно все расчеты распределяются по соответствующим им блокам. На рисунке 2 показан упрощенный вид диаграммы данных при выполнении задачи позиционирования.

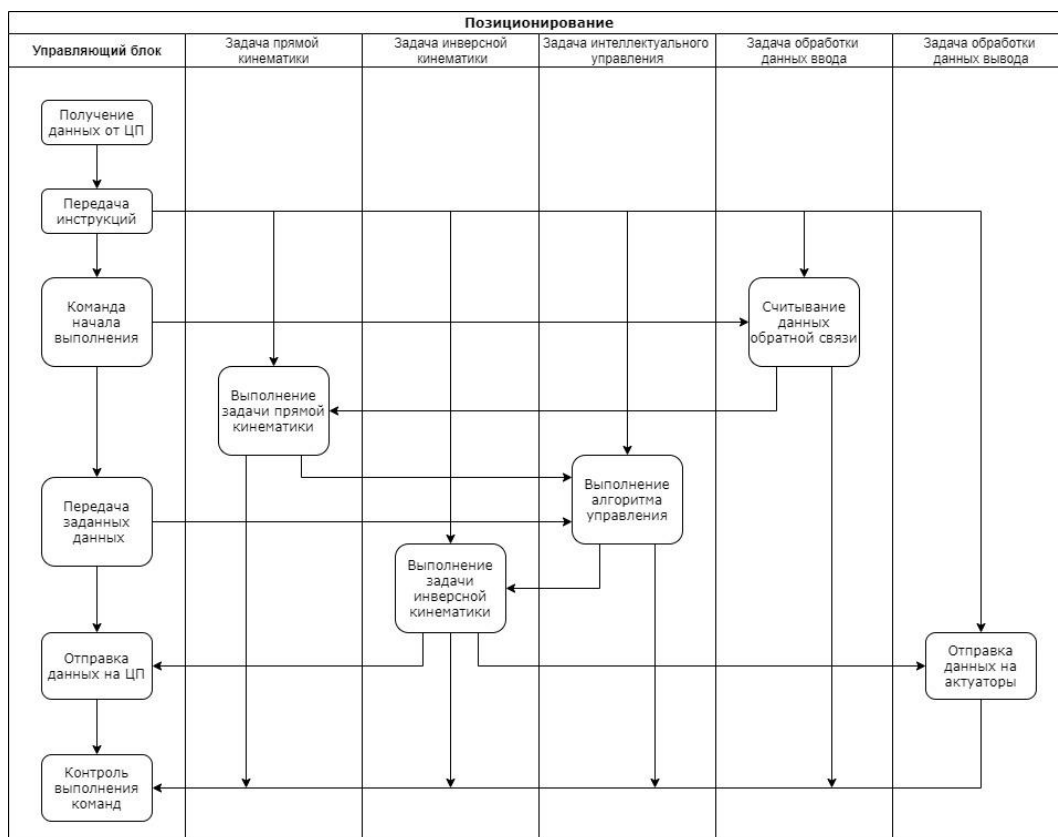


Рисунок 2 – Упрощенная диаграмма данных при позиционировании вышеуказанного примера

За счет применения такого решения, можно реализовать управление как сложной кинематической системой, так и целого робототехнического комплекса, используя только одну вычислительную единицу.

Список использованных источников

1. Siciliano, Bruno; P. Valavanis, Kimon. (1998). Control Problems in Robotics and Automation. Proc. IEEE Int. Conf. Contr. Appl.. 1. 81 - 85 vol.1. 10.1109/CCA.1998.728949.
2. Bicchi, Antonio & Christensen, Henrik & Prattichizzo, Domenico. (2002). Control Problems in Robotics. 10.1007/3-540-36224-X.
3. Siciliano, Bruno. (1998). Control in Robotics: Open Problems and Future Directions. Lect Notes Control Inf Sci. 1. 81 - 85 vol.298. 978-3-540-40913-7.\
4. APPLICATION OF FUZZY MULTI-CASCADE CONTROL DURING MODELING OF UNIVERSAL NON-LINEARITY COMPENSATOR Savelyev D.O., Gudim A.S., Cherny S.P. В сборнике: 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2019. 2019. С. 8933905.
5. STABILIZING THE TRANSIENTS IN THE OBJECTS AND SYSTEMS CONTROLLING THE COMPENSATION OF NONLINEAR ACS (AUTOMATIC CONTROL SYSTEM) ELEMENTS Savelyev D.O., Gudim A.S., Solovev D.B. В сборнике: International Science and Technology Conference EastConf. 2019. С. 576-579.

RESEARCH OF METHODS OF HARDWARE OPTIMIZATION OF CONTROL ALGORITHMS OF COMPLEX KINEMATIC SYSTEMS BY SPEED

K.A. Emelyanov, S.P. Cherny

*Komsomolsk-na-Amure State University,
Komsomolsk-na-Amure, Russia*

This article discusses the performance problems of modern control systems for complex kinematic systems and robotic systems, as well as a variant of its solution by using hardware acceleration on a programmable logic integrated circuit or special-purpose integrated circuits.

Keywords: industrial robotics, control systems, FPGA, hardware acceleration.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ШТАМПОВКИ В CAD/CAE СИСТЕМАХ

С.В. Еремин

*ФБГОУ ВО «Пензенский государственный университет»,
г. Пенза, Россия*

Для повышения качества изделия и снижения затрат на производство оснастки при процессе штамповки применено математическое моделирование в CAD/CAE системах. Моделирование полного процесса штамповки позволит получить необходимые данные о работоспособности выбранной конструкции штампа.

Ключевые слова: CAD/ CAE системы, проектирование, метод конечных элементов, анализ, штамповка, повышение качества изделий.

При проектировании операций штамповки на машиностроительных предприятиях возникают вопросы о повышении качества получаемых изделий и работоспособности конструкции штампа. Эти задачи можно решить экспериментальным путем, основными недостатками которого являются значительные финансовые затраты и длительность по времени.

Чтобы избежать лишних затрат на испытания и сократить время на проектирование, предложено применить способ математического моделирования штамповки при помощи CAD/CAE программных продуктов.

В качестве CAD продукта была выбрана программа «Компас-3D», а для моделирования процесса штамповки выбрана программа «ANSYS», которая позволит получить необходимые данные о работе конструкции штампа.

ANSYS

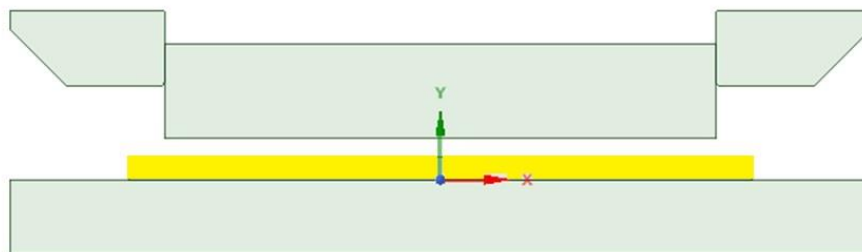


Рисунок 1 – 2D эскиз конструкции штампа с заготовкой

Предварительно с помощью программы «Компас-3D» была создана 3D модель предлагаемой конструкции штампа для операции штамповки стальных деталей, которая была импортирована в систему «ANSYS». На рис. 1 представлен упрощенный 2D эскиз конструкции штампа с заготовкой, выделенной желтым цветом.

На следующем этапе работы были заданы граничные условия для каждого элемента штампа: для заготовки сила тяжести $9,8 \text{ м/с}^2$ (A), для матрицы заданна сила нагружения (B), для основания фиксированное положение (C), для прижима – перемещение до прижатия детали к матрице (D), и наложена нелинейная адаптивная область (E) (рис. 2).

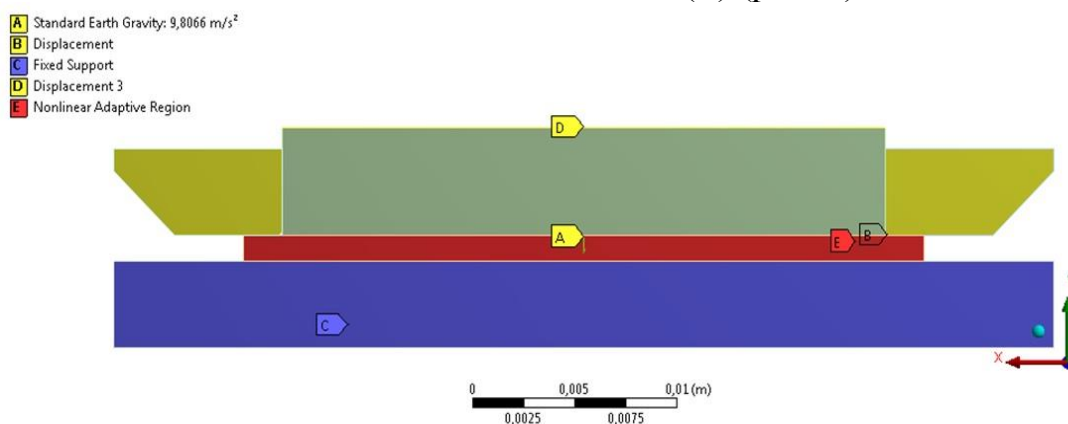


Рисунок 2 – Граничные условия для решения задачи

После этого задаются физико-механические свойства применяемых материалов штампа и заготовки (рис. 3).

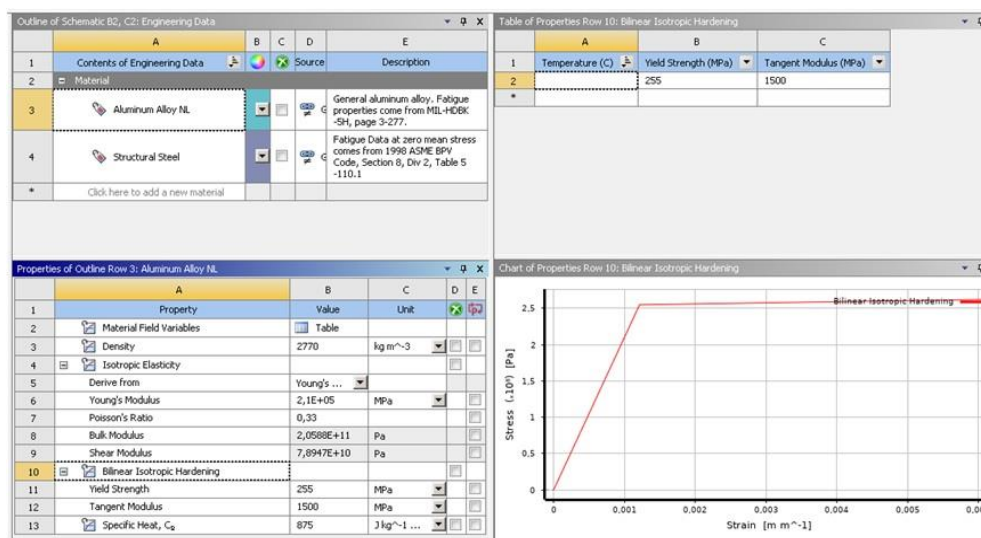


Рисунок 3 – Свойства материала

Перед проведением расчетов, модель разбивается на сетку конечных элементов. Затем производится расчет, из которого получаем данные по перемещениям (рис. 4) и эквивалентным напряжениям (рис. 5).

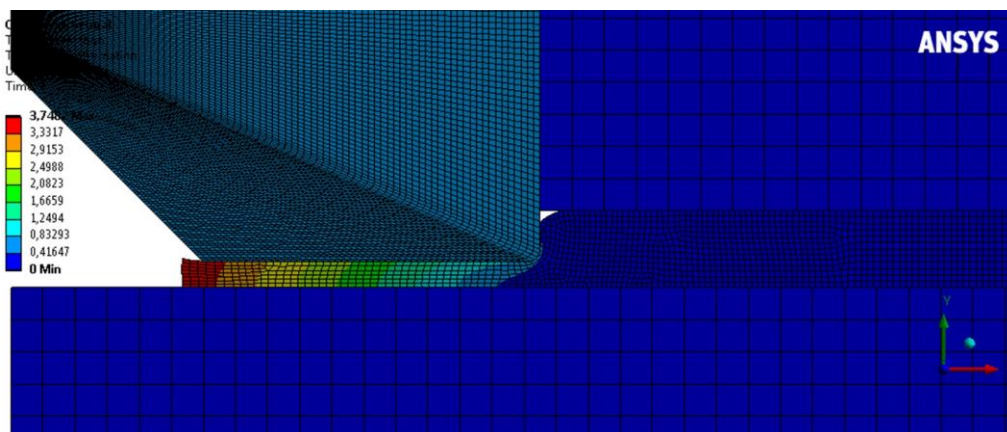


Рисунок 4 – Полные перемещения

Данные о перемещении материала заготовки показывают, что достигнуты заданные геометрические параметры, но технологический процесс изготовления изделия должен включать в себя операцию по обрубке излишков материала (красная зона на изделии).

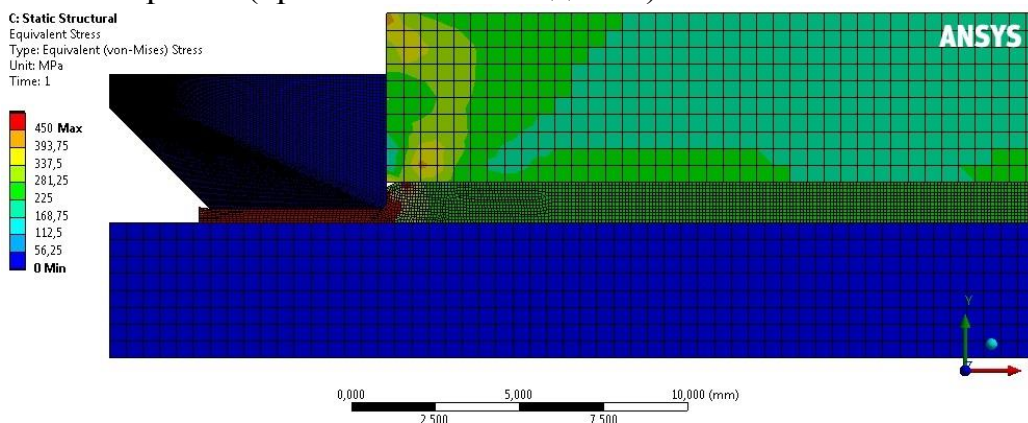


Рисунок 5 – Эквивалентные напряжения

Максимальные эквивалентные напряжения растяжения равны 450 МПа, что говорит об отсутствии превышения предела прочности материала и малой вероятности возникновения разрывов.

Анализ полученных результатов подтверждает, что предлагаемая конструкция штампа является работоспособной. При использовании данной конструкции достигаются все необходимые размеры и требуемое качество изделия.

Выводы. Таким образом, примененная CAD/CAE система позволила подобрать необходимую конструкцию штампа без лишних временных и материальных затрат на испытания в производственных условиях.

Список использованных источников

1. Кравчук, А.С. электронная библиотека механики и физики. Лекции по ANSYS/LS-DYNA и основам LS-PREPOST [Основные элементы

графического интерфейса LS-PREPOST. Решение задач с помощью LS-DYNA Solver]. / Кравчук А.С, А. И. Кравчук. – М.: БГУ, 2013 г. – 122с.: ил. – Библиогр.: с. 71–72.

2. Кравчук, А.С. электронная библиотека механики и физики. Лекции по ANSYS/LS-DYNA и основам LS-PREPOST [Ограничения и нагрузки в ANSYS/LS-DYNA. Решение поставленных задач и просмотр результатов решения в ANSYS/LS-DYNA]. / Кравчук А.С, А. С. Чашинский, А. И. Кравчук. – М.: БГУ, 2013 г. – 74с.: ил. - Библиогр.: с. 119–120.

3. Кравчук, А.С. электронная библиотека механики и физики. Лекции по ANSYS/LS-DYNA и основам LS-PREPOST [ANSYS/LS-DYNA. Общая характеристика интерфейса и средств создания твердотельной модели детали. Использование моделей материалов и типов конечных элементов LS-DYNA]. / Кравчук А.С, А. И. Кравчук. – М.: БГУ, 2013 г. – 161с.: ил. - Библиогр.: с. 158–159.

MODELING THE STAMPING PROCESS IN CAD/CAE SYSTEMS

S.V. Eremin

*Penza State University,
Penza, Russia*

To improve the quality of the product and reduce the cost of manufacturing tooling during the stamping process, mathematical modeling in CAD / CAE systems was used. Modeling the complete stamping process will provide the necessary data on the operability of the selected stamp design.

Key words: CAD / CAE systems, design, finite element method, analysis, stamping, product quality improvement.

УДК 621.313.2

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГУЛИРОВОЧНЫХ СВОЙСТВ КОЛЛЕКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

В.А. Ерошенко, А.Г. Бахитов, Ш.Б. Калымбеков

*Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия*

Данная работа посвящена исследованию регулировочных свойств коллекторного тягового двигателя, который используется в современном

электрическом транспорте. Так же в работе были найдены регулировочные свойства двигателя и механические характеристики при разном напряжении.

Ключевые слова: коллекторный двигатель, электромотор, тяговый двигатель, механические характеристики, регулировочные свойства.

Современный подвижной состав железных дорог и городской электрический транспорт в подавляющем большинстве случаев оснащаются коллекторными тяговыми двигателями постоянного тока последовательного возбуждения. [1]. Коллекторный двигатель последовательного возбуждения имеет высокий момент на низких оборотах и развивает высокую скорость при отсутствии нагрузки. Данный электромотор идеально подходит для устройств, которым требуется развивать высокий момент (краны и лебедки), так как ток и статора, и ротора увеличивается под нагрузкой. В отличие от КДПТ ПМ и двигателей параллельного возбуждения двигатель последовательного возбуждения не имеет точной характеристики контроля скорости, а в случае короткого замыкания обмотки возбуждения он может стать не управляемым [2]. Минимально допустимая нагрузка для двигателей с последовательным возбуждением составляет 20-25 % от номинального значения. Чтобы не допустить включение двигателя без нагрузки, его присоединяют с приводом через жесткую глухую муфту или зубчатую передачу. Ременные передачи и фрикционные муфты использовать нельзя, так как может случиться обрыв, а последствия вам уже известны. При подаче питающего напряжения ток проходит сквозь обмотку возбуждения. У смежных полюсов возникает противоположная полярность, из-за чего образуется своеобразный магнит с постоянным магнитным полем. На якорь двигателя через коллектор подаётся постоянный ток, на который со стороны магнитного поля статора действует электромагнитная индукция. В результате создаётся вращающий момент, поворачивающий ротор на 90 электрических градусов. После этого щёточно-коллекторный узел коммутирует обмотки ротора, и вращение продолжается.

Задачей данной работы являлось исследование регулировочных свойств коллекторного двигателя и принцип его работы. Так же практически определить рабочие характеристики двигателя и регулировать частоту вращения двигателя.

Регулировочные свойства двигателей постоянного тока определяются статическими характеристиками, к которым относятся механические характеристики. Выражение, характеризующее механическую характеристику двигателя постоянного тока, можно получить из уравнения равновесия электродвижущих сил в цепи якоря вращающейся машины.

$$U_c = E + R \cdot I + \Delta U_{щ};$$

где U_c - напряжение питающей сети, $\Delta U_{щ}$ - падение напряжения на щётках коллекторного узла, R - сопротивление цепи якоря, которое включает

кроме сопротивления якоря двигателя и добавочные сопротивления, E – электродвижущая сила якоря, I – ток якоря.

Значение э.д.с. и электромагнитного момента машины определяют соотношения

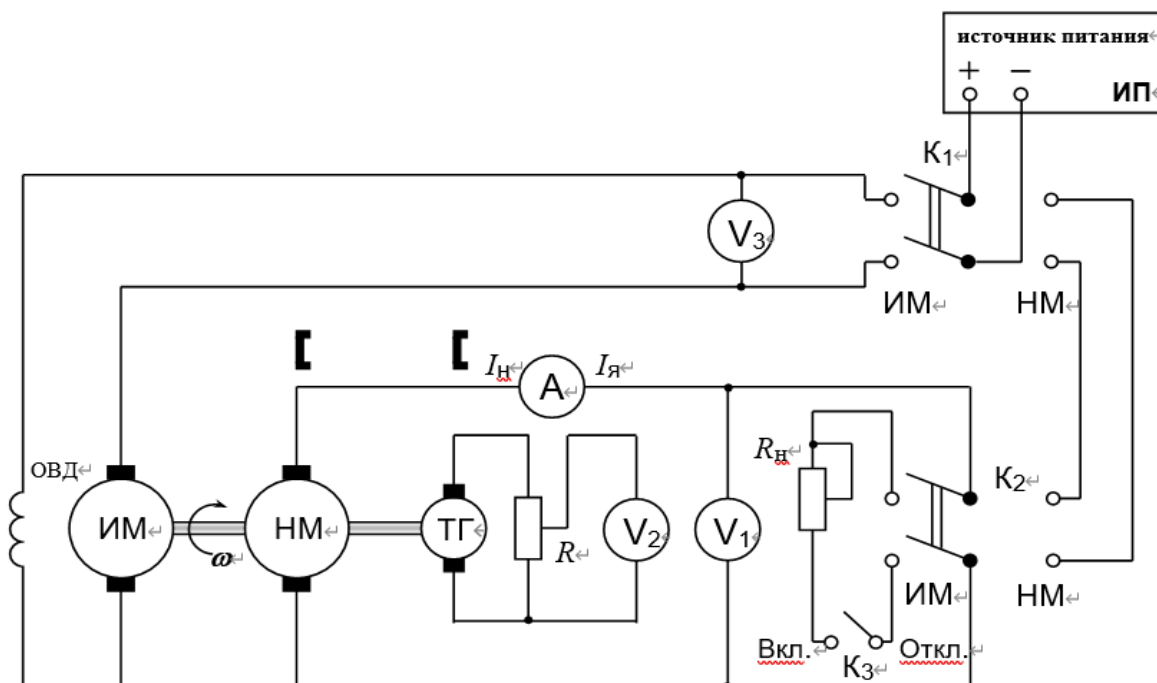
$$E = C_E \cdot \Phi \cdot \omega,$$

$$M = C_M \cdot \Phi \cdot I;$$

где ω – угловая скорость вращения якоря, Φ – магнитный поток одного полюса, C_M и C_E – коэффициенты, определяющиеся конструктивными особенностями двигателя.

Необходимо отметить, что гиперболическая зависимость для ДПВ имеет место лишь при малых нагрузках, поскольку для работающего в номинальном режиме двигателя магнитная система является насыщенной.

Исследовательская работа была выполнена на установке, принципиальная электрическая схема которой представлена на рисунке 1.



ИМ – исследуемая машина постоянного тока с последовательным возбуждением; НМ – нагрузочная машина постоянного тока;

ТГ – тахогенератор; ИП – источник питания; А, V1, V2, V3 – измерительные приборы; R – подстроечный резистор; RН – нагрузочный резистор; K1, K2, K3 – переключатели

Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема

Для снятия механических характеристик на валу исследуемого двигателя с последовательным возбуждением ИМ подключалась нагрузочная машина НМ постоянного тока. Нагрузочная машина может работать в тормозном (генераторном) режиме, создав на валу исследуемом двигателе момент нагрузки. В данном случае якорь нагрузочной машины подключается к резистору RН. Для измерения напряжения и тока в якорной цепи нагрузочной машины использовали вольтметр и амперметр.

Механические характеристики нагрузочной машины располагаются во втором квадранте (область отрицательного момента M) и представляют собой семейство прямых линий исходящих из начала координат графика. Тангенс угла наклона этих линий пропорционален значению сопротивления пересечения зеркального изображения механических характеристик нагрузочной машины с механической характеристикой ИМ, являются точками устойчивого равновесия. Следовательно, использование нагрузочной машины в генераторном режиме позволяет снять все участки механической характеристики исследуемого двигателя.

При расчете механической характеристики ИМ учитывались потери мощности в нагрузочной машине и в двигателе последовательного возбуждения. Потери мощности в электрической машине зависят от тока нагрузки и скорости вращения ротора. Изменяя напряжения питания, добились вращения агрегата в пределах исследуемой скоростного диапазона. При этом производили измерения напряжения и тока в якорной цепи нагрузочной машины. На рисунке 2 представлены графики механической характеристики при 40 и 60 вольт.

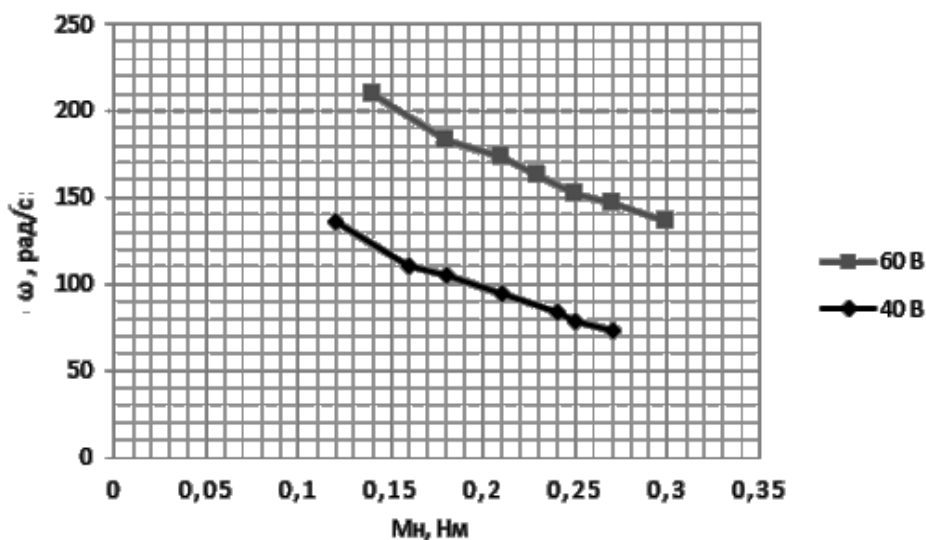


Рисунок 2 – График механической характеристики при 40 и 60 В

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что при увеличении нагрузки уменьшение угловой скорости происходит не только за счет увеличения падения напряжения на сопротивлении якорной цепи, но и за счет увеличения магнитного потока.

Список использованных источников

1. Токарев, Б.Ф. Электрические машины. – Москва: Энергоиздат, 1954. – С. 472.
2. Кацман, М.М. Электрические машины и электропривод автоматических устройств: учебник для электротехнических специальностей техникумов. – Москва: Высш. шк., 1987.

INVESTIGATION OF THE REGULATING PROPERTIES OF A DC COLLECTOR MOTOR WITH SEQUENTIAL EXCITATION

V.A. Yeroshenko, A.G. Bakhitov, S.B. Kalymbekov

*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
Saint Petersburg, Russia*

This work is devoted to the study of the regulating properties of the collector traction motor, which is used in modern electric transport. Also, in the work, the adjustment properties of the engine and the mechanical characteristics at different voltages were found.

Keywords: collector motor, electric motor, traction motor, mechanical characteristics, adjustment properties.

УДК656.11

СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ РАСЧЕТНОЙ ОБЛАСТИ И ГЕНЕРАЦИЯ СЕТКИ ДЛЯ CFD – МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИКИ ПОТОКА В МАЛОГАБАРИТНЫХ ТРУБЧАТЫХ АППАРАТАХ - МТА КАК СМЕСИТЕЛЕЙ ЖИДКИХ КОМПОНЕНТОВ

Р.В. Жук, К.В. Таранцев, Е.А. Толстошеева

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»,
г. Пенза, Россия*

Подробно рассмотрены этапы создания трехмерной расчетной области модели для CFD-моделирования гидродинамики потока в смесителях жидких компонентов. Особое внимание уделено особенностям построения трехмерной модели в программном продукте Salome с целью последующего импорта модели в препроцессор Code_Saturne.

Ключевые слова: численное моделирование, гидродинамика, статические смесители.

Введение

Для определения гидродинамических характеристик потока в вычислительном комплексе Code-saturne решается система дифференциальных уравнений второго порядка с частными производными, полученными на основе уравнений переноса и законов сохранения массы, импульса и энергии, которые вместе с условиями однозначности составляют исчерпываю-

щее математическое описание процессов переноса. Такое описание дает возможность решать, как прямую задачу, то есть поверочный расчет аппарата, так и обратную задачу проектного расчета. Поверочный расчет состоит в нахождении полей скоростей, температуры, концентраций и давлений при известных геометрических параметрах аппарата и его конструктивных особенностях, а при проектном расчете осуществляется вычисление оптимальных размеров аппарата согласно требуемым значениям физических величин на входе и выходе из него. При этом основной проблемой является математическая сложность решения этих задач. Можно утверждать, что при современном уровне развития методов интегрирования нелинейных систем уравнений, аналитическое решение практически важных прикладных задач невозможно.

Однако, практические нужды человека диктуют необходимость получить хотя бы приближенное решение рассматриваемых задач. Используя численные методы, можно получить распределение всех гидродинамических параметров во всей расчетной области и в каждой отдельно взятой ячейке.

Программный комплекс Code-saturne использует метод конечных объемов для численного решения дифференциальных уравнений в частных производных. Сущность метода конечных объемов заключается в следующем: область решения задачи разбивается на плотную систему подобластей (ячеек), в каждой из которых исходное распределение параметров заменяется некоторыми аппроксимирующими функциями. Тогда интегралы и производные искомых функций в базовой системе уравнений в соответствии с идеологией используемого метода приводятся к дискретным соотношениям, а решение задачи к решению системы алгебраических уравнений.

Следовательно, для замены данных уравнений на алгебраические уравнения необходимо задать точки, вблизи которых будет происходить эта замена. В CFD комплексах широко применяется принцип, когда эти точки получаются разбиением расчетной области сеткой конечных элементов. Такой же метод используется в вычислительном комплексе Code-saturne. При разбиении расчетной области на конечные элементы точка, вблизи которой производится замена дифференциальных уравнений на алгебраические, находится в центре ячейки.

Генерации сетки является неотъемлемой частью любого инженерного расчета, в котором используются CFD-технологии. Качество сеточной модели напрямую влияет на точность, сходимость и скорость решения. Временные затраты на построение сетки являются ограничивающим фактором для всего процесса расчета. Составной частью вычислительного комплекса Code-saturne является препроцессор Salome, позволяющий генерировать разнообразные типы сеток: структурированную гексаэдральную сетку, автоматическую (неструктурированную) гексаэдральную и тетраэдральную сетки. После построения сетки пользователь имеет возможность

проверить ее качество по разнообразным параметрам (скошенность элементов, соотношение сторон).

Ранее были описаны действия препроцессора Salome по созданию 3D геометрии расчетной области малого трубчатого аппарата. В настоящей работе будет построена сеточная модель малого трубчатого аппарата в препроцессоре Salome.

Генерация конечно-элементной сетки в созданной геометрии расчетной области малого трубчатого аппарата.

В настоящей работе трехмерная конечноэлементная сетка в расчетной области смесителей жидких компонентов строилась полуавтоматическим способом, что предполагает назначение размера ячейки, мест сгущения сетки или числа конечных элементов. Основываясь на введенных параметрах, препроцессор Salome строит сетку.

Построение сетки смесителя жидких компонентов, включает следующие шаги:

1. Активировать команду create mesh для создания сетки.
2. Выбрать ранее созданную геометрию для создания сетки.
3. Выбрать алгоритм. Для данной геометрии (рис. 1) был задан тип элементов NETGEN 1D-2D-3D, поскольку геометрия модели достаточно сложна, а сетки этого типа считаются наиболее универсальными.
4. Задать максимальные и минимальные значения ячеек сетки.
5. Задать тонкость ячеек. Остальные настройки оставлены по умолчанию. Выбор параметров сетки должен быть соизмерим с размерами модели смесителя жидких компонентов.
6. После задания параметров, вызвать с помощью щелчка ПКМ по Mesh в дереве построения вызвать всплывающее меню и выбрать команду compute. Запустится расчет сетки.

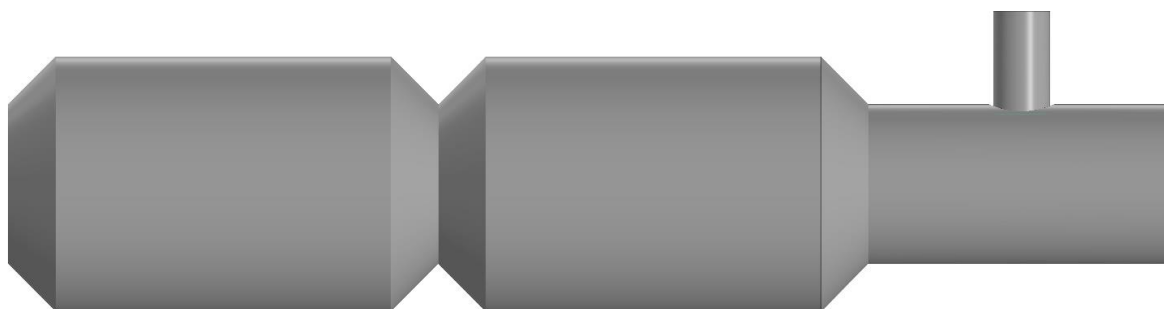


Рисунок 1 – 3D геометрия расчетной области статического малого трубчатого аппарата.

Программа Salome имеет средства, позволяющие оценить качество построенной конечно-элементной сетки по разнообразным параметрам: Base info, Element info, Additional info, Quality info.

Для этого необходимо воспользоваться командой Mesh information.

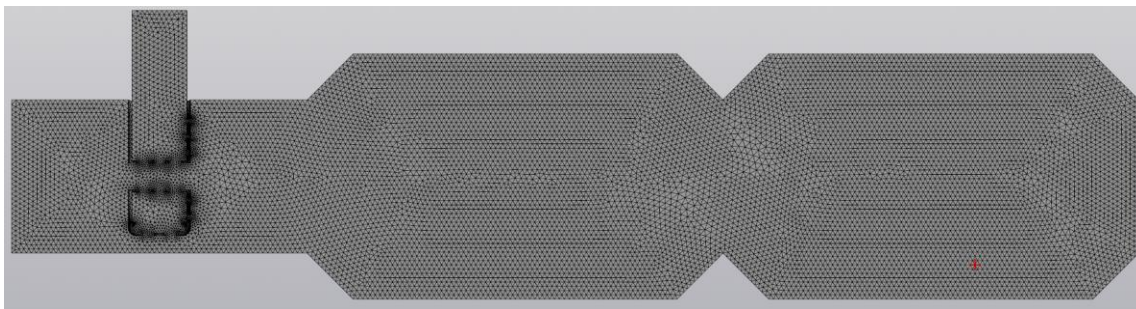


Рисунок 2 – Сеточная модель смесителя жидких компонентов.

Задание граничных условий

В препроцессоре Salome осуществляется предварительное указание линий и поверхностей расчетной области, к которым будут приложены граничные условия. Численные значения граничных условий задаются в программном комплексе Code-saturne.

Границы модели задаются двумя способами:

- Автоматически при создании групп поверхностей непосредственно при создании геометрии.

- При помощи команды Create group во вкладке mesh – Groups of Faces.

Предпочтительнее использовать первый способ.

При создании границ поверхность, которая рассекает расчетную область на два симметричных объема, необходимо определить, как Symmetry. Поверхностям на входе нужно присвоить тип INLET (скоростной вход), а поверхности на противоположном конце трубы – тип OUT (поток на выходе). Все остальные поверхности определяются как WALL (стенка).

После выполнения выше указанных шагов с помощью команды Export сохранить файл сетки с расширением «med» в папку Mesh предварительно созданную при запуске Code-saturne.

Таким образом, в настоящей работе, представленной в двух частях, описаны действия препроцессора Salome по созданию геометрии расчетной области и сеточной модели смесителей жидких компонентов.

Список использованных источников

1. Жук, Р.В., Таранцев К.В., Толстошеева Е.А. создание трехмерной расчетной области и генерация сетки для CFD – моделирования гидродинамики потока в малогабаритных трубчатых аппаратах – МТА как смесителей жидких компонентов. Часть 1.

2. Андерсон, Д., Таннехил Дж., Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. В 2-х томах. – Москва: Мир,1990. – 384 с.

CREATING A THREE-DIMENSIONAL CALCULATION AREA AND GRID GENERATION FOR CFD MODELING HYDRODYNAMICS OF THE FLOW IN SMALL-SIZED TUBULAR APPARATUSES - MTA AS MIXERS LIQUID COMPONENTS

R.V. Zhuk, K.V. Tarantsev, E.A. Tolstosheeva

*Penza State University,
Penza, Russia*

Considered in detail the steps of creating a three-dimensional computational domain and the generation of grid model for CFD-simulation flow in hydrodynamics mixers for liquid components. Particular attention is paid to the peculiarities of constructing three-dimensional models in a software product Salome for subsequent import model in the preprocessor Code_saturne.

Keywords: numerical modeling, hydrodynamics, static mixers.

УДК 339.543.4

АНАЛИЗ И РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ, СВЯЗАННЫХ С КЛАССИФИКАЦИЕЙ ТОВАРОВ КУЛЬТУРНО-БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ, НА ПРИМЕРЕ 95 ГРУППЫ ТН ВЭД ЕАЭС

Н.П. Загребельная, А.А. Зверева

*ГКОУ ВО «Ростовский филиал Российской таможенной академии»,
г. Ростов-на-Дону, Россия*

Декларирование товаров является важнейшей составной частью таможенного контроля и представляет собой заявление декларантом таможенному органу сведений о товарах, об избранной таможенной процедуре и (или) иных сведений, необходимых для выпуска товаров. В данной статье рассмотрены особенности, возникающие при транспортировке товаров 95 группы ТН ВЭД ЕАЭС.

Ключевые слова: декларирование, культурно-бытовые товары, таможенные органы, экспертиза, ТН ВЭД ЕАЭС.

Возникновение проблем, связанных с классификацией товаров по ТН ВЭД обусловлено тем, что должностные лица таможенных органов, выполняя свои должностные обязанности, сталкиваются с проблемами неоднозначного трактования терминов, встречающихся в ТН ВЭД [1].

Анализ практики декларирования показывает, что основная проблема классификации товаров заключается в указании недостоверных сведе-

ний участниками внешнеэкономической деятельности (далее – ВЭД) в графе 31 декларации на товары, т.е. идентификационных признаков, и возникновении на основе этого риска фальсификации, основной целью которой является получение выгоды, в т.ч. и снижение объема подлежащих уплате таможенных платежей.

ООО «СИЛИН» обратилось в Арбитражный суд города Санкт-Петербург Ленинградской области с заявлением о признании недействительными решений Выборгской таможни о классификации товара в соответствии с ТН ВЭД ЕАЭС. Решением суда от 14.01.2017 заявленные обществом требования удовлетворены.

По мнению подателя жалобы, суд неправильно применил основные правила интерпретации ТН ВЭД и необоснованно применил сразу правило 3. Кроме того, таможня полагает, что для целей классификации товара в 93 группе ТН ВЭД ТС не предусмотрена обязательность соответствия товара понятиям, установленным Законом «Об оружии». Таможенный орган ссылается также на ГОСТ Р 51714-2001 и ГОСТ Р 51890-2002, которые прямо указывают на правомерность классификации товаров в 93 группе ТН ВЭД [2].

В графе 31 деклараций ввезенный товар поименован как аксессуары для игры в пейнтбол, желатиновые шарики разных цветов диаметром 17 мм - 2300 коробок по 1 500 шт. В графе 33 деклараций указан код товара ТН ВЭД ЕАЭС 9506 99 900 0 - «инвентарь и оборудование для занятий общей физкультурой, гимнастикой, легкой атлетикой, прочими видами спорта (включая настольный теннис) или для игр на открытом воздухе, в другом месте данной группы не поименованные или не включенные; бассейны плавательные и бассейны для детей, прочие», ставка ввозной таможенной пошлины 5 %.

По результатам камеральной таможенной проверки достоверности сведений, заявленных при таможенном декларировании товаров, таможней приняты решения о классификации товара в соответствии с ТН ВЭД ЕАЭС, которыми ввезенному обществу товару присвоен код ТН ВЭД ТС 9306 90 900 0 - «бомбы, гранаты, торпеды, мины, ракеты и аналогичные средства для ведения боевых действий, их части; патроны, прочие боеприпасы, снаряды и их части, включая дробь и пыжи для патронов; прочие», ставка ввозной таможенной пошлины 15 %.

Считая решения таможни о классификации товаров незаконными, общество обратилось с заявлением в арбитражный суд. Изучив материалы дела и доводы апелляционной жалобы, выслушав позиции сторон, суд апелляционной инстанции не находит оснований для удовлетворения апелляционной жалобы таможни [2].

Согласно Пояснениям к разделу XIX группе 93 ТН ВЭД «Оружие и боеприпасы, их части и принадлежности» в товарную позицию 9306 включаются, в частности, боеприпасы, например снаряды (осколочные, шрапнельные, бронебойные, осветительные, сигнальные, трассирующие, зажи-

гательные, дымовые и т.д.) и все прочие виды боеприпасов для пушек и мортир; патроны всех видов: холостые (включая холостые патроны для клепочного инструмента или для пуска поршневых двигателей внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия), с пулями, трассирующие, зажигательные, бронебойные, патроны со сферическими пулями и дробью для спортивных ружей и т.д.; пули, дробинки (полые, сферические, с проточкой и т.д.) и стрелы для пневматических, газовых или пружинных ружей, карабинов или пистолетов, кроме тех, которые применяются в игрушках товарной позиции 9503 ТН ВЭД.

В силу Пояснений к разделу XX группе 95 ТН ВЭД «Игрушки, игры и спортивный инвентарь; их части и принадлежности» в данную группу включаются игрушки всех типов, предназначенные для развлечения детей и взрослых. В нее также входит оборудование для комнатных игр или игр на открытом воздухе, снаряды и приспособления для спорта, гимнастики или атлетики, некоторые принадлежности для рыбной ловли, охоты или стрельбы, карусели и прочие предметы для ярмарочных развлечений.

Из материалов дела видно, что общество классифицировало ввезенный товар в подсубпозиции ТН ВЭД ТС 9506 99 900 0 . Общество основывает свою позицию о правомерности классификации товара в указанной подсубпозиции на доводе о том, что приказом Государственного комитета РФ по физической культуре и спорту от 14.04.2003 № 225 и приказом Федерального агентства по физической культуре и спорту от 25.08.2005 № 524 пейнтбол официально признан видом спорта, а ввезенный товар - аксессуар для игры в пейнтбол, желатиновые шарики разных цветов, предназначены для занятий этим видом спорта. Таможенный орган не согласился с позицией заявителя и классифицировал ввезенный товар в подсубпозиции 9306 90 900 0, как снаряды прочие [3].

Согласно статье 1 Федерального закона от 13.12.1996 № 150-ФЗ «Об оружии» (далее - Закон «Об оружии») под оружием понимаются устройства и предметы, конструктивно предназначенные для поражения живой или иной цели, подачи сигналов, а под боеприпасами - предметы вооружения и метаемое снаряжение, предназначенные для поражения цели и содержащие разрывной, метательный, пиротехнический или вышибной заряды либо их сочетание.

В силу статьи 2 Закона «Об оружии» оружие в зависимости от целей его использования соответствующими субъектами, а также по основным параметрам и характеристикам подразделяется на гражданское, служебное, боевое ручное стрелковое и холодное.

Согласно положениям, ГОСТ Р 51612-2000 «Оружие пневматическое» (далее - ГОСТ Р 51612-2000) маркер для игры в пейнтбол не признается пневматическим оружием (пункт 1), при этом принадлежность оружия к пневматическому ставится в зависимость от размера дульной энергии, а именно, свыше 3 Дж (пункт 2.1. ГОСТ Р 51612-2000).

Исходя из термина «оружие» (статья 1 Закона «Об оружии») следует, что квалифицирующим признаком отнесения к оружию является то, что оно используется для поражения цели, в т.ч. живой, в то время как маркиры, применяемые при спортивной игре «пэйнтбол», не используются для поражения цели.

В соответствии с ГОСТ Р 51714-2001 «Капсулы маркирующие для пейнтбола. Общие технические требования. Методы испытаний» маркирующая капсула для пейнтбола - оболочка, снабженная красящим составом (пункт 2.1), красящий состав - вязкая однородная жидкость различных цветов (пункт 2.2).

Ввозимый обществом товар не подпадает ни под одно из описаний товара, указанных в товарной позиции 9306, не используется ни в боевых действиях, ни для самозащиты, охоты, или стрельбы по мишеням, по своим техническим характеристикам и сферой его использования не является боеприпасом, в т.ч. с собственным двигателем, патроном, предметом вооружения, баллистической ракетой, гарпуном, частью боеприпаса или прочего средства для ведения боевых действий, а также не представляет собой какое-либо приспособление, действующее посредством использования заряда взрывчатого вещества, не содержит признаков, позволяющих отнести его к боеприпасам [3].

При таких обстоятельствах суд считает несостоятельными доводы таможни о неправильном применении судом первой инстанции ОПИ, так как в решении суда содержится вывод о том, что наименование товарной позиции 9506 ТН ВЭД ЕАЭС содержит наиболее конкретное описание в сравнении с иными товарными позициями, в которых мог бы быть классифицирован ввозимый обществом товар, квалифицирующим признаком для отнесения товара к данной позиции является то, что спорный товар применяется только в спортивной игре на открытом воздухе.

При данных обстоятельствах суд первой инстанции обоснованно посчитал, что обществом правомерно был указан код ввезенного товара как 9506 99 9000 со ставкой ввозной таможенной пошлины 5 %.

Список использованных источников

1. Приказ ФТС России от 14.01.2019 № 28 «О классификации в соответствии с единой Товарной номенклатурой внешнеэкономической деятельности Евразийского экономического союза отдельных товаров» [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <http://www.pravo.gov.ru>

2. Федотова, Г.Ю. Товарная номенклатура внешнеэкономической деятельности. Практикум: учебное пособие. СПб.: ИЦ Интермедия, 2017. – 180 с.

3. Андреева, Е.И. Развитие методологии и совершенствование механизма управления идентификацией товаров в таможенных целях монография. – Москва: РИО Российской таможенной академии, 2016. – 202 с.

ANALYSIS AND SOLUTION OF PROBLEMS RELATED TO THE CLASSIFICATION OF CULTURAL AND HOUSEHOLD GOODS, USING THE EXAMPLE OF THE 95 GROUP OF THE CUSTOMS CODE OF THE EAEU

N.P. Zagrebelnaya, A.A. Zvereva

*Rostov Branch of the Russian Customs Academy,
Rostov-on-Don, Russia*

The declaration of goods is the most important part of customs control and is a declaration by the declarant to the customs authority of information about the goods, the chosen customs procedure and (or) other information necessary for the release of goods. This article discusses the features that arise during the transportation of goods of the 95 group CN FEA EAEU.

Keywords: declaration, cultural and household goods, customs authorities, expertise, CN FEA EAEU.

УДК 621.762.2

О ПОВЫШЕНИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ УСТАНОВОК ДЛЯ ЗАГОТОВКИ СЫРЬЯ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

А.Е. Зверовщиков, С.А. Нестеров, Д.А. Борисов

*ФБГОУ ВО «Пензенский государственный университет»,
г. Пенза, Россия*

В статье рассматривается проблема повышения производительности оборудования для заготовки сырья для порошковой металлургии. Авторы предлагают схему получения мелкодисперсного порошка металлов и сплавов термо центробежным методом с увеличенным числом разрушаемых электродов.

Ключевые слова: порошковая металлургия, термо центробежный метод.

Современное производство предъявляет растущие требования к сырью для порошковой металлургии. Для использования новых технологий,

в том числе аддитивных, порошки должны отвечать следующим требованиям[1]:

- уменьшенный до 3...10 мкм размер зерен;
- сферическая форма зерен порошка;
- минимальный фракционный размах

Выполнение этих требований в совокупности с оптимальным образом достижимо посредством метода термоцентробежного распыления расплава.

Метод основан на формировании зерен порошка при разлете капель расплавленного материала с вращающегося основания; как правило, в вакууме или в атмосфере инертного газа.

Известны два варианта реализации способа термоцентробежного распыления:

Расплавление материала производится отдельно? а затем расплав изливается на вращающийся диск.

Процессы расплавления и распыления совмещены. Например, посредством электрической дуги производится нагрев вращающегося стержня; после расплавления его торца капли расплавленного материала смещаются к периферии вращающегося стержня, срываются за счет центробежных сил и, в процессе разлета в вакууме или атмосфере инертного газа, охлаждаются и кристаллизуются.

Первый метод обеспечивает большую производительность, но больший размер зерен. Второй метод – меньший размер зерен и большую плотность их калибровки, но он менее производителен. Минус известной схемы реализации метода [2] небольшой диаметр расходного стержня (иначе его оплавление потребует больших энергетических затрат) скорость вылета капель расплава относительно невелика, и есть опасность их кристаллизации до принятия сферической формы).

Поэтому был разработан метод (Рисунок 1), совмещающий достоинства двух первых: оплавление расходного стержня производится вблизи вращающегося с высокой скоростью распылителя; капли расплава с конца стержня попадают на периферическую часть распылителя и разбрасываются с большой скоростью, обеспечивая формирование сферических зерен диаметра 2-8 мкм. Неразрушаемый электрод 1, выполненный в форме кольца смонтирован с возможностью вращения в подшипниковом узле 4. Разрушаемый электрод 5 установлен с возможностью вращения вокруг собственной оси в опоре 6 и осевого перемещения для сближения с электродом 1. Электроды размещают в камере 7, которая предназначена для заполнения инертным газом, например, аргоном, и сбора порошка.. Неразрушаемый электрод является катодом, а разрушаемый электрод –анодом электрической цепи.

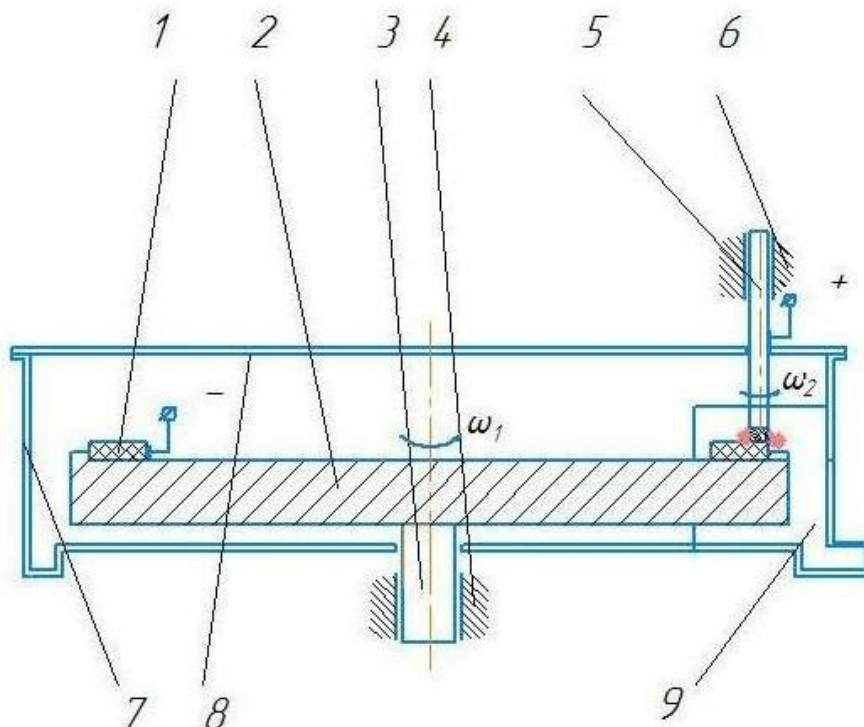


Рисунок 1 – Совмещённый способ

Ограничением производительности рассматриваемой схемы, является то, что при увеличении скорости подачи сверх определенного максимума, расплав частично сходит с неразрушаемого электрода в виде кусков пленки, нарушая однородность получаемого порошка.

Кроме того, подвод расходного электрода к краю катода, может привести к биению диска-распылителя, его вибрации, что скажется на однородности получаемого порошка.

Повышение производительности установки и предотвращение вибраций предложено решить использованием четыре пары разрушаемых электродов, расположенных (в горизонтальной плоскости) по кругу через угол, определяемый сектором факела распыления [3]. Производительность установки, возрастает в 3-6 раз, симметричная нагрузка предотвращает биение диска-распылителя.

Таким образом, предлагаемое решение позволит увеличить производительность установки для заготовки сырья для изготовления деталей из карбида вольфрама методом порошковой индустрии, в то же время улучшить эксплуатационные свойства установки.

Работа выполнена в рамках проекта № 0748-2020-0013 «Научные принципы формирования гетерогенных структур методами физико-химического диспергирования» (государственное задание вузу в сфере научной деятельности, заказчик Министерство науки и высшего образования РФ).

Список использованных источников

1. Скрябин В.А., Зверовщиков А.Е. Механизм формирования гетерогенной структуры порошковых инструментальных материалов Все материалы. Энциклопедический справочник. Москва.- №1, 2021., С.41-44. DOI: 10.31044/1994-6260-2021-0-1-41-44

2. RU (11) 2 361 698 (13) С1 Давыдов Артур Керопович (RU), Миرون Виктор Иванович (RU), Кононов Сергей Александрович (RU), Казёнов Виктор Константинович (RU), Фаткуллин Олег Хикметович (RU), Каринский Виктор Николаевич (RU), Куцын Виктор Иванович (RU) (45) Опубликовано: 20.07.2009 Бюл. № 20

3. Оценка кинематики технологического способа электродуговой сфероидизации металлических порошков / А.Е. Зверовщиков, И.Е. Дадущкин, В.Н. Беспятов / Техника и технология современных производств. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2019. -124 с.

ON IMPROVING THE PRODUCTIVITY OF INSTALLATIONS FOR THE PREPARATION OF RAW MATERIALS FOR POWDER METALLURGY

A.E. Zverovshchikov, S.A. Nesterov, D.A. Borisov

*Penza State University,
Penza, Russia*

The article deals with the problem of increasing the productivity of equipment for the preparation of raw materials for powder metallurgy. The authors propose a scheme for obtaining fine powder of metals and alloys by the thermo-centrifugal method with an increased number of destructible electrodes.

Keywords: powder metallurgy, thermo-centrifugal method.

УДК 621.7.067

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА С ПРИВОДОМ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО УСКОРИТЕЛЯ

А.Е. Зверовщиков, И.В. Черепенников

*ФБГОУ ВО «Пензенский государственный университет»,
г. Пенза, Россия*

В статье предлагается устройство приспособления для подачи деталей на основе электромагнитного ускорителя. Описан принцип работы,

особенности и преимущества при производстве малогабаритных деталей из магнитных сплавов на токарных станках с ЧПУ.

Ключевые слова: приспособление; электромагнитный ускоритель; индуктор; токарный станок с системой ЧПУ; блок микропроцессорного управления; малогабаритные детали.

Установка заготовок в шпиндель автоматизированных токарных станков осуществляется различными способами, такими как: ручная установка оператором станка; загрузка посредством специальных приспособлений и роботов-манипуляторов. При массовом и крупносерийном для подачи и установки малогабаритных деталей на токарные станки с ЧПУ, эффективно применяются автоматизированные станочные приспособления с механическими приводами. Преимуществом применения таких станочных приспособлений является высокая эффективность и надежность. Однако, в условиях современного машиностроительного производства, возникает потребность в более быстродействующих, быстропереналаживаемых, долговечных и ремонтпригодных устройствах. Перечисленными качествами, в перспективе, могут обладать станочные приспособления с приводом на основе электромагнитного ускорителя.

Станочное приспособление состоит из четырех основных частей: силовой привод с индуктором, микропроцессорный блок управления, батарея конденсаторов и система коммутации (рис. 1).

Индуктор представляет собой катушку со сменной направляющей втулкой из материала невысокой твердости, диаметр отверстия которой выполнен с небольшим зазором по наибольшему диаметру перемещаемой детали. Катушка служит каркасом для многослойной обмотки индуктора. К катушке прикреплен хвостовик нормализованных размеров, при помощи которого привод закрепляется в резцедержателе токарного станка, оснащенного системой ЧПУ. Непосредственно на торцах катушки, расположены оптические датчики (рис.2).

Микропроцессорный блок управления служит для ввода настроечных параметров, отслеживания динамики детали и коммутации с внешней АСУ. Он состоит из пяти основных частей: устройство управления и вычисления; устройство ввода информации; устройство вывода информации; узел временной задержки; узел регулирования уровня заряда (см. рис. 1).

Батарея конденсаторов является накопителем электрической энергии, для работы индуктора.

При настройке задается расчетная величина заряда, подаваемая на индуктор, для достижения необходимой скорости перемещения, в результате чего конденсатор заряжается, до необходимого уровня.

Рабочий цикл рассматриваемого приспособления условно можно разделить на четыре этапа (рис. 2).

1. После завершения основного времени, станочное приспособление выводится в рабочую позицию соосно оси шпинделя и подводится в осе-

вом направлении к детали, пока деталь на расчетную длину не войдет во втулку индуктора (см. рис. 2, а). Это положение соответствует сигналу с лазерного датчика.

2. Устройство управления подает сигнал на задержку замыкания цепи «батарея конденсаторов – индуктор», обеспечивая запас времени на разжим патрона (см. рис. 2, б).

3. За время задержки, зажим патрона разжимается, деталь готова к перемещению (см. рис. 2, в).

4. Замывается цепь «батарея конденсаторов – индуктор», обработанная деталь приводится в движение магнитным полем индуцируемым индуктором (см. рис. 2, г).

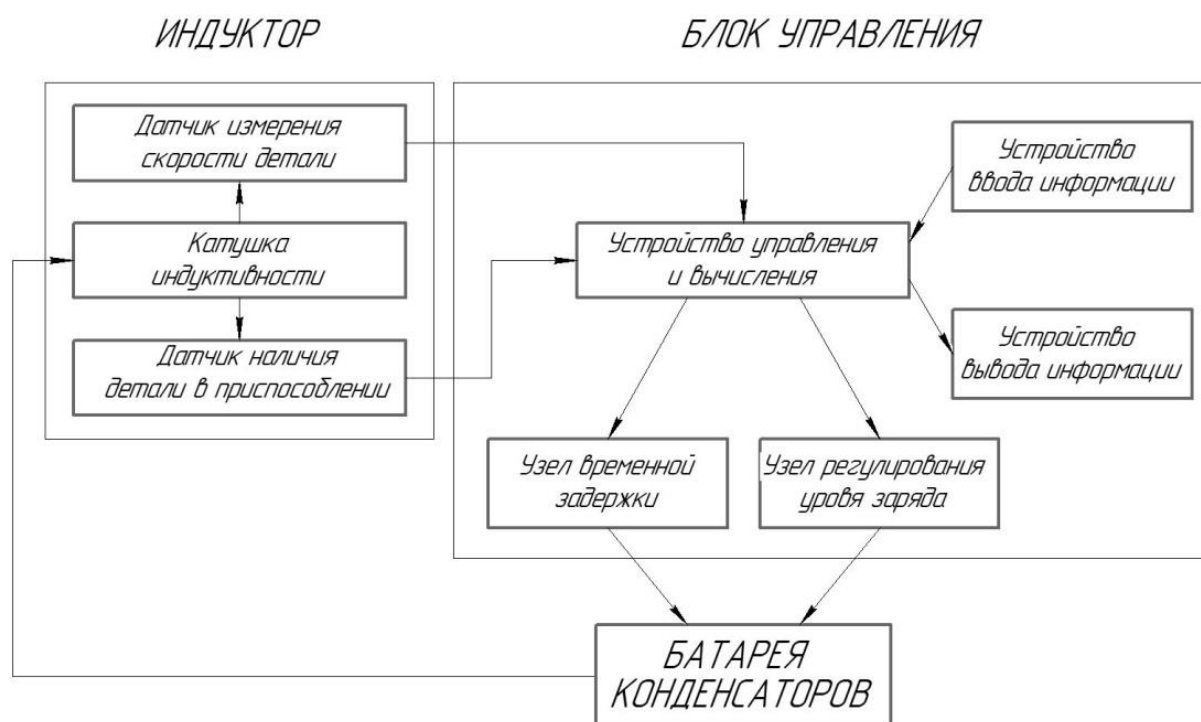


Рисунок 1 – Структурная схема станочного приспособления для установки деталей на основе электромагнитного ускорителя

При вылете детали из индуктора, оптическими датчиками измерения скорости измеряется скорость перемещения детали, деталь попадает в приемный лоток готовой продукции.

Цикл загрузки заготовки в зажимное устройство станка из лотка с заготовками аналогичен.

Таким образом, станочное приспособление с электромагнитным приводом для малогабаритных деталей из сталей и чугунов в токарный станок оснащенный системой ЧПУ обеспечивает высокую эффективность за счет того, что быстродействие приспособления ограничено лишь скоростью перемещения рабочих органов станка; отсутствуют узлы трения; для перена-

ладки станочного приспособления требуется лишь замена втулки индуктора, невысокая стоимость конструкции.

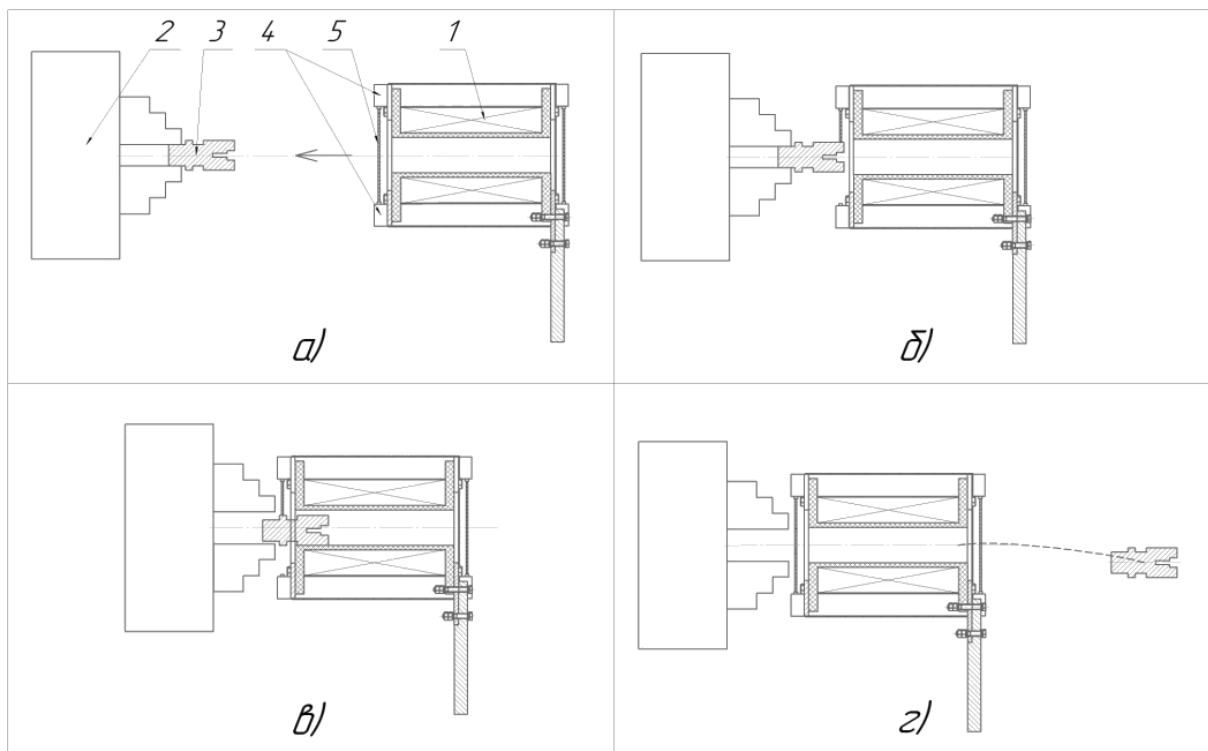


Рисунок 2 – Принцип работы станочного приспособления для установки деталей на основе электромагнитного ускорителя: а – исходное положение; б – начало позиционирования; в – конечное позиционирование, разжим детали; г – перемещение детали.

- 1 – индуктор;
- 2 – патрон токарного станка;
- 3 – обработанная деталь;
- 4 – оптический датчик;
- 5 – лазерный луч.

Список использованных источников

1. Болотин, Х. Л., Костромин Ф. П. Станочные приспособления. Изд. 5-е, переработ, и доп. М., «Машиностроение», 1973, 344 с.
2. Владзиевский, А.П., Белоусов А.П. Основы автоматизации и механизации технологических процессов в машиностроении: учебник. – Москва: Высшая школа, 1966. – 353 с.
3. Основные законы электромагнетизма: учебное пособие для студентов вузов. – 2-е, стереотип. – Москва: Высшая школа, 1991. – 288 с.

MACHINE TOOL FOR INSTALLING PARTS BASED ON ELECTROMAGNETIC ACCELERATOR

A.E. Zverovshchikov, I.V. Cherepennikov

*Penza State University,
Penza, Russia*

The article proposes a device for loading parts based on an electromagnetic accelerator. The principle of its operation, features and advantages in the production of small-sized parts from magnetic alloys on CNC lathes are described.

Key words: adaptation; electromagnetic accelerator; inductor; CNC lathe; microprocessor control unit; small-sized products.

УДК 504.05

МОДЕРНИЗАЦИЯ УЗЛА ДЕГАЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭТИЛЕНА

A.B. Зотин, A.D. Боброва, M.A. Рузанова

*Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Казанский национальный
исследовательский технологический университет»,
г. Нижнекамск, Россия*

В статье анализируется влияние процесса производства этилена на окружающую среду и даются рекомендации по модернизации узла дегазации при производстве этилена.

Ключевые слова: экология, химическое производство, производство полиэтилена, очистка газовых выбросов.

Из основных проблем производства полиэтилена можно выделить негативное влияние выбросов из факельных установок в атмосферу. Несомненно, факельные системы защищают экологию от больших негативных факторов, таких как выделение продуктов реакции в атмосферу, и дальнейшее возгорание или взрыв. Но факельные системы не обеспечивают полную защиту от негативных факторов, влияющих на экологию [1].

К тому же эти продукты негативно влияют на организм человека. Вдыхание паров порошка полиэтилена вызывает приступы удушья и нехватку кислорода, так же может накапливаться в организме человека. При обращении с пирофорными веществами есть вероятность самопроизвольного возгорания при контакте с воздухом, что создает условия угрозы жизни человека [2].

Рассмотрим подробно отделение полимеризации и дегазации производства полиэтилена, для дальнейшей модернизации узла дегазации.

Полимер, под контролем уровня в реакторе выгружается с нижней части реактора и поступает в фильтр, где происходит испарение мономеров из полимера.

Фильтр дегазации представляет собой рукавный фильтр, автоматически очищающийся за счет обратной пульсации газа. В качестве газа обратной продувки используется рецикловый газ. В фильтре дегазации полимер отделяется от унесенного газа, собирается в кубе фильтра дегазации и непрерывно выгружается в емкости.

При этом в дальнейшем газы после прохождения компрессора направляются на факельные установки и сжигаются в атмосферу. Альтернативный метод удаления сжиженных углеводородных газов и пирофорных веществ включение в технологическую схему компрессора с жидкостным кольцом.

Компрессоры с жидкостным кольцом являются механизмами объемного типа, которым для вращения требуется первичный двигатель, электродвигатель. Рабочее колесо, вращаясь, перемещает рабочую жидкость, которая частично заполняет внутренний корпус и приводит в движение вращающееся кольцо примерно равно толщины, обычно называемое жидкостным или уплотнительным кольцом.

Под действием центробежной силы жидкость повторяет эксцентрические контуры периферических стенок каждого корпуса и движется вперед и от центра его вращения каждые пол оборота.

Относительно одной ячейки, образованной двумя последовательными лопастями рабочего колеса, вращающееся кольцо работает как жидкий поршень. Газ выталкивается в компрессор в первой четверти оборота и сжимается во время второй четверти. Два одновременных симметричных цикла сжатия происходят при каждом обороте рабочего колеса.

В двухступенчатых компрессорах вышеуказанный цикл повторяется на второй стадии, когда сжатый газ (с жидкостью), поступающий после первой стадии, сжимается снова, чтобы вызвать дальнейшее повышение давления, и затем отводится в продольном направлении через два узких отверстия, находящихся на фланце конической насадки.

Газ поступает в компрессор под давлением $0,1 \text{ кг/см}^2$ и при температуре примерно 45°C . Внутри компрессора он сжимается до давления 8 кг/см^2 . Во время сжатия газ смешивается с жидкостным кольцом, то есть водой. После выхода из компрессора смесь газа и воды поступает в сепаратор газа/жидкости. Сжатый газ выходит из сепаратора через верхнюю форсунку под давлением 8 кг/см^2 .

В горизонтальном резервуаре происходят два вида сепарации:

- 1) сепарация компонентов легкого углеводорода (газа) от воды;
- 2) сепарация компонентов тяжелого углеводорода (жидкости) от воды.

На первой лопасти сжиженные углеводороды, находящиеся над водой (вследствие разной удельной плотности), переместятся на вторую лопасть вместе с большим количеством воды. Вода выходит со дна сепаратора и после охлаждения в охладителе она выталкивается обратно в компрессор вследствие разности давлений в сепараторе и на входе компрессора. Жидкие углеводороды и большое количество воды будут соединяться на второй лопасти сепаратора.

Жидкостное кольцо постоянно обновляется путем подачи конденсированного пара, впрыскиваемого между резервуаром и охладителем. Конденсированный пар смешивается с потоком жидкостного кольца, проходит через теплообменник и поступает в компрессор. Учитывая, что расход жидкостного кольца, поступающего из резервуара в компрессор, остается постоянным, большое количество воды поступит на вторую лопасть сепаратора.

Учитывая специфику производства, можно более кратко объяснить суть модернизации узла дегазации. Газ, состоящий из пара, этилена, пропана, бутена-1 и гексена-1 после сжатия компрессором до давления $0,7 \text{ Мпа}$ поступает в сепаратор, в котором происходит отделение газовой фазы от жидкой, а также расслоение жидкой фазы на воду и органику (олигомеры, масло) за счет разности плотностей [3]. Отстоявшаяся в сепараторе от органики жидкость, в основном вода, снизу сепаратора поступает в теплообменник, где охлаждается за счет циркуляции оборотной воды и далее идет в компрессор для создания жидкостного кольца и вновь возвращается в сепаратор.

В данной работе был описан технологический процесс производства полиэтилена. Разработан новый способ снижения вредных выбросов в атмосферу при полимеризации полиэтилена, позволяющий снизить образование оксидов азота. Введение в технологическую схему компрессора на стадии дегазации обеспечивает также уменьшение продуктов неполного сгорания (оксида углерода и углеводородов) и позволяет сделать производство полностью экологическим. Введение в процесс компрессора с

жидкостным кольцом, позволит сократить водопотребление на производство, что повлечет за собой снижение загрязнения водного бассейна. При этом оборотный цикл водообращения в производстве сократится, так как используемая вода, будет обращаться в компрессоре, охлаждаться и заново поступать в процесс.

Данные мероприятия, безусловно, обеспечат уменьшение угрозы для жизни и здоровья людей, а также уменьшится вероятность отравления парами продуктов, вероятность взрывов и пожаров.

Список использованных источников

1. Рузанова, М.А. Проблема экологии в городе Нижнекамске. Загрязнение атмосферного воздуха / Рузанова М.А. // Теоретические и прикладные вопросы комплексной безопасности Материалы 2 международной научно-практической конференции Том 2- 2019.

2. Рузанова, М.А. Проблемы очистки газовых выбросов / Рузанова М.А. // Теоретические и прикладные вопросы комплексной безопасности Материалы 2 международной научно-практической конференции Том 2- 2019.

3. Рузанова, М.А. Анализ возможного влияния завода по производству этилена на водную среду города Нижнекамск / Рузанова М.А. // Природопользование и устойчивое развитие регионов России. Сборник статей II Всероссийской научно-практической конференции – Пенза: РИО ПГАУ, 2020 – 272с, с.146-150.

MODERNIZATION OF ETHYLENE PRODUCTION DEGASSING UNIT

A.V. Zotin, A.D. Bobrova, M.A. Ruzanova

*Nizhnekamsk Chemical-Technological Institute (branch) of the Federal State
Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kazan National
Research Technological University»,
Nizhnekamsk, Russia*

The article analyzes the impact of the ethylene production process on the environment and gives recommendations for the modernization of the degassing unit in the production of ethylene.

Key words: ecology, chemical production, polyethylene production, purification of gas emissions.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ТРАНСФЕРНОГО ТРУБОПРОВОДА

И.М. Ибрагимов, И.Ю. Ляхов, М.А. Рузанова

*Нижнекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Казанский национальный
исследовательский технологический университет»,
г. Нижнекамск, Россия*

В данной статье рассматривается обеспечение защиты объектов нефтегазовой отрасли, эксплуатируемых на открытых технологических площадках от поражающих факторов пожара на основе оценки площади пролива нефти при аварийном истечении из технологического трубопровода.

Ключевые слова: экология, химическое производство, трансферный трубопровод.

Современные установки атмосферно-вакуумной перегонки состоят из следующих блоков: предварительного нагрева нефти в теплообменниках; электрообессоливания и обезвоживания нефти (блок ЭЛОУ); последующего нагрева в теплообменниках; отбензинивания нефти (колонна повышенного давления с нагревательной печью); атмосферной колонны (с нагревательной печью и отпарными колоннами); фракционирования мазута под вакуумом (с нагревательной печью, отпарными колоннами и системой создания вакуума); стабилизации и вторичной перегонки бензина на узкие фракции[1].

Трансферный трубопровод – технологический трубопровод перекачки основного сырья установки (рис. 1). К его конструкции предъявляют ряд требований, обусловленных необходимостью иметь высокую долю отгона сырья и стабильное движение парожидкостной смеси в трубопроводе. Любая трубопроводная коммуникация имеет не только прямолинейные участки, но и повороты, ответвления, для создания которых используются различные фитинги. Для регулирования потока рабочей среды устанавливается запорная арматура. Всё это создаёт сопротивление, поэтому очень важно перед тем, как приступать к монтажу трубопровода, выполнить ряд расчётов, в том числе определить гидравлическое сопротивление. Это позволит в будущем сократить теплотери и, соответственно, избежать лишних энергозатрат. Следует учитывать и такие показатели, как коэффициент гидравлического сопротивления трубы и течение потока, который вычисляется с помощью критериев Рейнольдса и Дарси-Вейсбаха[2].

При наружном осмотре трубопровода была выявлена видимая деформация трубопровода в виде повышенной вибрации. При проведении вибродиагностики трубопровода в разных точках было обнаружено повышенное значение амплитуды вибрации трубопровода $S_a = 750$ мкм., что классифицируется как «уровень появления аварийных ситуаций». Проведенные замеры позволяют сделать вывод, что трубопровод и его сварные соединения находятся под напряжением, что подтверждается отрывом опор трубы от подпорной конструкции (рис. 1).

Наиболее вероятной зоной разрушения технологического трубопровода представляется сварное соединение на фланцевой паре соединения трубопровода со штуцером атмосферной колонны вследствие действующих в этой зоне механических нагрузок: статического растяжения и изгиба. Выбор сечения обусловлен более высокой усталостной прочностью металла в сварном соединении, нежели в теле трубы, а также удлинением корпуса колонны вследствие ее температурного расширения (рис. 2).

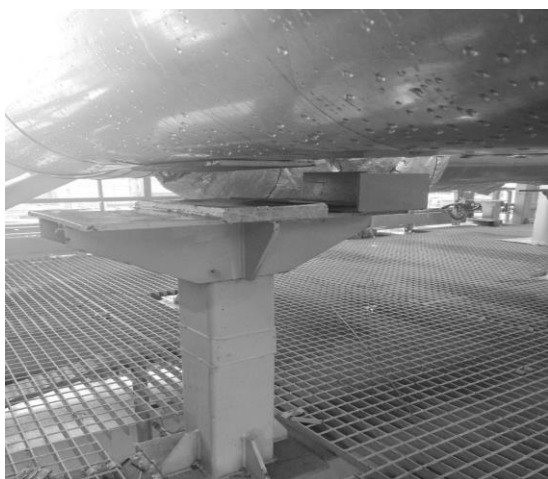


Рисунок 1 – Отрыв опоры
трансферного трубопровода
от подпорной конструкции

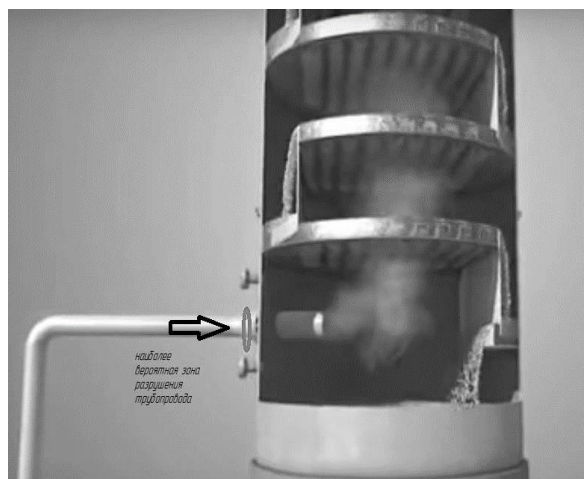


Рисунок 2 – Наиболее вероятная
зона разрушения трубопровода

В соответствии с классификацией чрезвычайных ситуаций предполагаемые потери нефти (без учета ремонтно-восстановительных работ, а также потерь выпускаемой продукции) по цене 17700руб. за 1м³ составят 301608 рублей, что соответствует межрегиональному характеру чрезвычайной ситуации [3].

Расчет и анализ результатов описанной выше аварии позволяет сделать следующие выводы [4]:

1. персонал нефтеперерабатывающего завода, задействованный на ведении технологического процесса, будет защищен от влияния разлива за счет удаленности зданий и сооружений от места аварии, их взрывозащищенности, а также установленного оповещения в операторной;

2. персонал нефтеперерабатывающего завода, задействованный работами на установке, будет находиться в зоне непосредственного поражения тепловым излучением в случае возгорания пролившейся нефти;

3. пожарные части нефтеперерабатывающего завода смогут погасить возгорание в течение короткого времени благодаря небольшой площади пролива и мгновенному срабатыванию системы пожаротушения, установленной непосредственно над площадкой присоединения трубопровода к штуцеру атмосферной колонны;

4. легколетучие фракции (гексан и пентан) при разливе нефти существенно превысят свою предельно допустимую концентрацию в атмосферном воздухе в зоне аварии;

5. технологический процесс будет остановлен, так как прекратится подача сырья в атмосферный блок и, как следствие, вакуумный. Реализация решений по реконструкции трансферного трубопровода невозможна без полного останова установки первичной переработки нефти по причине отсутствия альтернативных вариантов транспортировки нефтепродуктов из трубчатой печи до атмосферной колонны. Краткосрочный останов установки первичной переработки нефти снизит производительность и мощность процессов вторичной перегонки нефти, что повлечет за собой общее снижение производительности нефтеперерабатывающего завода. На основе этих данных можно сделать вывод об экономической нецелесообразности мероприятий по немедленному останову производства. Подводя итоги, учитывая, как соображения промышленной безопасности, так и экономические и технологические факторы, оптимальным решением по устранению вероятности разрушения трансферного трубопровода вследствие повышенной вибрации является его реконструкция в ближайший остановочный ремонт установки и последующее проведение экспертизы промышленной безопасности. На период работы трубопровода без проведения мероприятий по его реконструкции рекомендовано проводить инструктаж с персоналом на предмет возникновения чрезвычайных ситуаций, проверять работоспособность систем сигнализации и пожаротушения. В случае обнаружения роста значений при постоянном проведении вибродиагностики трубопровода необходимо снизить мощность технологического процесса, уменьшая подачу сырья.

Список использованных источников

1. Рузанова, М.А. Проблема экологии в городе Нижнекамске. Загрязнение атмосферного воздуха / Рузанова М.А., Закиров Р.А. // Теоретические и прикладные вопросы комплексной безопасности. Материалы II международной научно практической конференции (14 марта 2019) Том2.

2. Алиев, Р.А. Трубопроводный транспорт нефти и газа / Алиев Р.А., Белоусов В.Д., Немудров А.Г. // М.: Недра. – 1988. – 368 с.

3. Гумеров, А.Г. Эксплуатация оборудования нефтеперекачивающих станций / Гумеров А.Г., Гумеров Р.С., Акбердин А.М. // М.: Недра. – 2001. – 470 с.

4. Васильев, Г.Г. Трубопроводный транспорт нефти / Васильев Г.Г., Коробков Г.Е., Корак А.А., Лурье М.В., Писаревский В.М., Прохоров А.Д., Сощенко А.Е., Шаммазов А.М. // М.: Недра. – 497 с.

RECONSTRUCTION OF THE TRANSFER PIPELINE

I.M. Ibragimov, I.Yu. Lyakhov, M.A. Ruzanova

*Nizhnekamsk Chemical-Technological Institute (branch) of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kazan National Research Technological University»,
Nizhnekamsk, Russia*

This article discusses the protection of oil and gas industry facilities operated on open technological sites from the damaging factors of fire based on the assessment of the area of the oil spill in the event of an emergency outflow from the process pipeline.

Keywords: ecology, chemical production, transfer pipeline.

УДК 621.74.06

УПЛОТНЕНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ ИМПУЛЬСОМ СЖАТОГО ВОЗДУХА

С.Н. Казанцев, Н.В. Зверовщикова, В.А. Роганов

*ФБГОУ ВО «Пензенский государственный университет»,
г. Пенза, Россия*

Предложен способ изготовления литейной формы двойным импульсом сжатого воздуха, с предварительным нанесением жидкости на поверхность формовочной смеси перед повторным действием.

Ключевые слова: литейные формы, уплотнение смеси, состав формовочной смеси.

Для получения равномерного распределения плотности смеси по объему литейной формы применяются различные комбинированные методы их уплотнения, в которых прессование является заключительным эта-

пом процесса уплотнения. К одному из таких методов следует отнести предварительное уплотнение смеси импульсом сжатого воздуха при низком давлении. Применение такого импульсного уплотнения дает высокую плотность смеси у модельной плиты и недоуплотнение в верхних слоях формы. Для устранения этого недостатка производят доуплотнение смеси прессованием. Этот метод целесообразно применять при уплотнении смеси в мелких и средних опоках, так как уплотнение смеси в крупных опоках приведет к большому увеличению мощности привода прессового механизма и усложнит машину.

С целью упрощения конструкции формовочной машины предлагается способ доуплотнения верхних слоев формы повторным импульсом сжатого воздуха, с предварительным нанесением жидкости на поверхность формовочной смеси [1]. Жидкость, проникая в поры формовочной смеси, снижает газопроницаемость верхнего слоя формы. При подаче повторного импульса сжатого воздуха этот слой действует на нижележащие слои формы как незащемленная, с малым модулем упругости, диафрагма. В этом способе для уплотнения формовочной смеси применяется только механизм продувки смеси сжатым воздухом при низком давлении, что способствует значительному упрощению технологического процесса и конструкции формовочной машины.

Уплотнение литейных форм методом воздушного прессования при низком давлении сжатого воздуха исследовали на экспериментальной установке. Сжатый воздух из магистрали поступает в ресивер. После засыпки формовочной смесью опоки и наполнительной рамки, установленных на модельной плите, опочный комплект прижимается к импульсной головке с помощью прижимного механизма. После первого этапа уплотнения смеси на поверхность формовочной смеси на поверхность формовочной смеси с помощью пульверизаторов, укрепленных на стенках импульсной головки, наносится жидкость, поступающая из специального резервуара. Пульверизаторы расположены так, чтобы жидкость равномерно распределялась по всей площади опоки. После подачи второго импульса сжатого воздуха в пространство над формовочной смесью достигается окончательное уплотнение формы. В экспериментах использовалась песчано-глинистая смесь. Влажность смеси составляла 3-4 %, сырая прочность – 0,07-0,08 Мпа и газопроницаемость не менее 90. Уплотнение формовочной смеси проводили в опоках размером 500×400 высотой 200 мм. В качестве жидкости, снижающей газопроницаемость верхнего слоя, использовалась вода.

Распределение твердости по высоте формы высотой 200мм и уплотненной первым импульсом сжатого воздуха показало, что хорошо уплотняются узкие зазоры между стенками моделей и между моделью и опокой (твердость у модельной плиты равна 85-89 ед). По мере удаления от модельной плиты плотность смеси уменьшается, и в верхней части формы смесь практически не уплотняется. Над моделью смесь имеет низкую плотность. После уплотнения смеси вторым импульсом при давлении воз-

духа в ресивере 0,6 МПа, плотность верхних слоев увеличивается и их твердость достигает 60-65 ед. Поверхностный слой толщиной около 7 мм в результате перенасыщения влагой имеет твердость 60-70 ед, над моделью твердость достигает 73-78 ед.

В результате уплотнения получилось оптимальное распределение плотности смеси по высоте опоки высокая плотность у модельной плиты, низкая – у контрлада формы, что создает благоприятное условие для выхода газов при заливке формы металлом. Степень до уплотнения верхних слоев формы зависит от исходного давления сжатого воздуха в ресивере перед второй продувкой. При изменении исходного давления с 0,3 до 0,6 МПа твердость над моделью увеличивается с 60 до 78 ед.

Экспериментальным путем было определено оптимальное количество воды, которое наносится на поверхность смеси. Оно равно 0,13-0,16 г на 1 см² поверхности формы. При этом толщина газопроницаемого слоя составляет 2-4 мм, смесь в слое имеет повышенную влажность, равную 10 %, но уже на глубине 5-7 мм влажность равна 4,5 %. Поэтому увлажнение не влияет на качество формы. Следует также отметить, что переувлажненный слой высыхает полностью через 20-30 минут.

При недостаточном увлажнении смеси газопроницаемость слоя будет недостаточно снижена и эффекта прессования не наблюдается. Увеличение количества жидкости не приводит к повышению плотности, но при этом происходит разупрочнение верхнего слоя из-за сильного переувлажнения. Для большего снижения газопроницаемости верхнего слоя формы использовали также водные суспензии, в которых в качестве наполнителя применялись бентонит, глина, декстрин. Результаты экспериментов показали, что при использовании таких суспензий плотность смеси увеличивается, а качество обратной смеси не изменяется.

Список использованных источников

1. А.С. 9000941 СССР Способ изготовления литейных форм «Процесс-ВМ-2»/ Ю.И. Беляков, Б.П. Благоднаров, Г.М. Орлов, С.Н. Казанцев. Опубл. В Б.И.,1982, №4.

COMPACTION OF MOLDS BY COMPRESSED AIR PULSE

S.N. Kazantsev, N.V. Zverovshchikova, V.A. Roganov

*Penza State University,
Penza, Russia*

A method for manufacturing a mold by a double pulse of compressed air, with the preliminary application of liquid to the surface of the molding mixture before repeated action, is proposed.

Keywords: casting molds, compaction of the mixture, composition of the molding mixture.

МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ПЛАВКИ ЧУГУНА В ДУГОВЫХ ПЕЧАХ ДУПЛЕКС-ПРОЦЕССОМ

С.Н. Казанцев, Н.В. Зверовщикова, А.В. Семушкин, Т.А. Дурина

*ФБГОУ ВО «Пензенский государственный университет»,
г. Пенза, Россия*

Приведены результаты оценки материального баланса плавки чугуна в дуговых печах дуплекс-процессом. Приведены результаты расчетов для серого и высокопрочного чугуна в электрической дуговой печи. Полученные результаты позволяют прогнозировать содержания фосфора и серы в конечном продукте.

Ключевые слова: материальный баланс, моделирование, плавка чугуна.

В литейном производстве при получении различных марок чугуна широко применяется дуплекс – процесс с использованием электрических плавильных печей – дуговой и индукционной [1]. В дуговой плавильной печи проводят расплавление шихтовых материалов и получают жидкий чугун, а в индукционной доводят сплав до необходимого химического состава и температуры. Оптимизация режима работы данного плавильного комплекса требует постоянного контроля процесса плавки чугуна. С этой целью составляются материальные балансы плавки чугуна. Проведены исследования и расчеты материальные балансы плавки серого и высокопрочного чугуна в электрической дуговой печи.

Для определения материального баланса проведены замеры масс загружаемых в печь шихтовых материалов и получаемых из неё продуктов, определены их химические составы. Массы материалов, взвешивание которых практически невозможно (газы, шлаки), определяли расчетным путём.

Результаты расчетов материальных балансов плавки серого чугуна СЧ 20 (таблица 1) и высокопрочного чугуна ВЧ35 (таблица 2) показали, что общая несоответствие балансов составляет 0,88 и 0,33 %, что указывает на достаточную их точность. Установлено, что при плавке серого чугуна происходит более высокий угар углерода (17,6 %), очевидно связанный со значительным выгоранием графитовой стружки при введении её в жидкий сплав. Плавка чугуна при основном процессе и введении в дуговую печь извести позволили снизить содержание серы и фосфора (около 50 %). Количество кислорода из атмосферы было подсчитано по количеству окисленных элементов. Происходит окисление Fe, C, Si, Sn. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что общий угар элементов не превышает для серого чугуна 1,2 %, для высокопрочного 1,6 %; при плавке чугунов происходит значительное снижение содержания P и S.

Таблица 1 Материальный баланс серого чугуна

Обозначения	Fe	C	Si	Mn	Cz	Ni	Sn	S	P	Si O ₂	FeO	Al ₂ O ₃	Ca O	Mg O	Проч.	Всего
Материалы поступающие в печь																
Мет. шихта	93,17	3,54	1,91	0,32	0,04	0,44	0,03	0,021	0,04	0,2	0,03	0,1			0,16	100,00
ФС-40	0,04		0,03													0,07
Известь													1,02		0,11	1,13
Магнезит			0,02										0,02	0,29	0,01	0,34
O2 из воздуха																1,60
Электроды		0,72														0,72
Футеровка					0,01									0,04		0,05
Всего	93,21	4,26	1,96	0,32	0,05	0,44	0,03	0,021	0,04	0,2	0,03	0,1	1,04	0,33	0,28	104,10
Жидкий чугун	93,15	3,46	1,66	0,31	0,05	0,37	0,02	0,010	0,02						0,17	99,21
Шлак										0,4		0,1	1,04	0,33	0,11	2,01
Газы: CO CO2																1,82
																0,14
Всего	93,15	3,46	1,65	0,31	0,05	0,37	0,02	0,01	0,02	0,4		0,1	1,04	0,33	0,28	103,18
Угар%	0,06	2,26	15,31	3,13	–	15,91	33,33									

Таблица 2 Материальный баланс плавки высокопрочного чугуна

Обозначения	Fe	C	Si	Mn	Cz	Ni	Sn	S	P	SiO ₂	FeO	Al ₂ O ₃	CaO	Mg O	Проч.	Всего
Материалы поступающие в печь																
Мет. шихта	93,55	3,11	2,05	0,42	0,06	0,26	0,07	0,018	0,04	0,2	0,03	0,1			0,07	100,00
Граф. стр.		0,81													0,19	1,00
ФМн-78А	0,02	0,01		0,11									1,02			0,14
Известь													0,40		0,04	0,44
Магнезит			0,02										0,01	0,29	0,01	0,33
О2 из воздуха																2,64
Электроды		0,72														0,72
Футеровка					0,03									0,04		0,07
Всего	93,57	4,65	2,07	0,53	0,11	0,26	0,07	0,018	0,04	0,2	0,03	0,1	0,41	0,33	0,31	105,34
Материалы, полученные в печи																
Жидк. чугуна	93,51	3,24	2,00	0,51	0,11	0,19	0,04	0,016	0,02						0,12	99,76
Шлак										0,25		0,15	0,41	0,32	0,07	1,2
Газы: CO CO ₂																2,8
																1,23
Всего	93,51	3,24	2,00	0,51	0,11	0,19	0,04	0,016	0,02	0,25		0,15	0,41	0,32	0,19	104,99
Угар, %	0,06	17,6	3,38	3,77	–	26,9	42,9									

Список использованных источников

1. Черный, А.А., Черный В.А., Дурина Т.А., Повышение механических свойств серого чугуна при плавке на газообразном топливе. Труды международного симпозиума Надежность и качество, г. Пенза, 2005. – С 105-107.

MATERIAL BALANCE OF CAST IRON MELTING IN ARC FURNACES BY DUPLEX PROCESS

S.N. Kazantsev, N.V. Zverovshchikova, A.V. Semushkin, T.A Durina

*Penza State University,
Penza, Russia*

The results of the material balance of cast iron melting in arc furnaces by the duplex process are presented. The results of calculations for gray and high-strength cast iron in an electric arc furnace are presented. The results obtained allow us to predict the content of phosphorus and sulfur in the final product.

Keywords: material balance, modeling, cast iron melting.

УДК 669.018.28

ОПТИМАЛЬНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПЛАВКИ ЧУГУНА ИЗ ЧУГУННОЙ СТРУЖКИ

С.Н. Казанцев, Н.В. Зверовщикова, Т.А. Дурина

*ФБГОУ ВО «Пензенский государственный университет»,
г. Пенза, Россия*

В статье приведено описание оптимального технологического процесса плавки чугуна из чугунной стружки на базе электродуговых печей, работающих в электрошлаковом режиме.

Ключевые слова: оптимизация, плавка чугуна, чугунная стружка, технологический процесс.

В современном литейном производстве важным фактором является использование для получения качественных отливок вторичных материалов, что позволит получить значительный экономический эффект. Использование чугунной стружки на месте её образования позволит уменьшить потребление дорогих и дефицитных первичных материалов, сократить время хранения стружки (вследствие этого снижаются потери от окисле-

ния металла), сэкономить энергетические ресурсы за счёт ликвидации одного из этапов переработки (брикетирования) [1].

В Пензенском государственном университете предложен технологический процесс плавки чугуна из чугунной стружки на базе электродуговых печей, работающих в электрошлаковом режиме. Технологический процесс состоит из ряда операций, выполняющих как последовательно, так и параллельно. Поточная линия по переплаву чугунной стружки состоит из приемного бункера, ленточного транспортера, бункеров для хранения и дозированной подачи компонентов шлакообразующей смеси для образования и регенерации шлака, вибрационного бункера, барабанного сушила, дуговой электрической печи, реконструированной для работы в электрошлаковом режиме, и разливочного конвейера.

Чугунная стружка из приемного бункера с помощью ленточного транспортера и вибрационного бункера подаётся в барабанное сушило и после обезжиривания и подогрева поступает в электрическую дуговую печь, где плавится в непрерывном процессе её поступления. Готовый расплав выпускается из печи и поступает на разливочный конвейер, где отливаются шихтовые слитки, предназначенные для последующего использования их в шихте различных плавильных агрегатов: вагранках, индукционных или электродуговых печах, или используется непосредственно для заливки литейных форм. Для подачи свежих шлакообразующих материалов (известняка, плавикового шпата, карбида кремния и др.) вдоль ленточного транспортера установлено несколько бункеров, оборудованных дозаторами и вибрационными питателями, а для предотвращения затора стружки и шлакообразующих компонентов между ленточным транспортером и барабанным сушилом установлен промежуточный вибрационный бункер.

Барабанное сушило работает по схеме противотока нагревающего агента и нагреваемого объекта и служит для обезжиривания и подогрева стружки и смешивания шлакообразующих компонентов. Использование барабанного сушила позволяет полностью автоматизировать процесс загрузки стружки и увязать его со скоростью плавления и разливки металла.

На основании проведённых исследований разработан и с помощью математических методов оптимизирован принципиально новый технологический процесс плавки чугуна из чугунной стружки в дуговых электрических плавильных печах. В основу технологического процесса положен режим загрузки стружки в плавильную печь и плавки ее электрошлаковым способом в зависимости от скорости ее плавления, перегрева и отбора жидкого металла на разливку.

Технологический процесс, обеспечивающий устойчивую и непрерывную плавку стружки, выполняется в определенной последовательности. Перед началом работы производится профилактический осмотр основного и вспомогательного оборудования поточной линии: ленточного транспортера и разливочного конвейера, дозаторов и вибраторов бункеров, механизмов вращения барабанного сушила и механизма перемещения электродов дуговой электропечи, системы охлаждения держателей электродов, дуговая печь. После профилактического ремонта механического

оборудования производится проверка готовности к работе газовой и электрической аппаратуры, автоматики сжигания газа и безопасности, автоматики работы дуговой печи, воздуходувок, системы водяного охлаждения.

После подготовки поточной линии к работе осуществляют включение горелки и механизма вращения барабанного сушила, устанавливают рабочие режимы расхода воздуха и газа и разогрев футеровки барабанного сушила при его вращении.

Одновременно с запуском барабанного сушила и разогревом его футеровки осуществляют пуск системы охлаждения держателей электродов дуговой печи. На подину печи загружают стружку (150-200 кг) и зажигают электрическую дугу. При образовании устойчивой электрической дуги в зону ее горения производят завалку шлакообразующей смеси с фракцией не более 20 мм и осуществляют наведение шлаковой ванны. В качестве шлакообразующей смеси (ШОС) может применяться смесь, состоящая из плавикового шлака, кварцевого песка, высокоглиноземистого мертеля и других материалов. После наведения шлаковой ванны и прогрева футеровки барабанного сушила начинается непрерывная работа поточной линии в автоматическом режиме.

Автоматика обеспечивает стабильное сжигание газа с заданным расходом воздуха и газа и их оптимальным соотношением. Контролирует работу газового оборудования и автоматически производит отключение подачи газа при выходе режима из заданных конечных параметров, управляет работой электрической дуговой печи, обеспечивая поддержание необходимого промежутка между электродами и зеркалом расплава металла и требуемый тепловой режим плавки.

Подача в электродуговую печь стружки производится ленточным транспортёром, с помощью которого осуществляют и загрузку компонентов шлакообразующей смеси для пополнения и обновления шлака. Стружка и шлакообразующая смесь пересыпаются в барабанное сушило посредством промежуточного вибрационного бункера, который защищает ленточный транспортёр от отходящих горячих газов из барабанного сушила. Загрузка стружки в электродуговую печь осуществляется непрерывно в зависимости от скорости ее плавления и отбора жидкого металла.

Жидкий металл выпускается из печи и поступает на разливочный конвейер, где из него формируются шихтовые слитки, используемые для плавки чугуна или непосредственно для изготовления отливок. Выпуск и разливка металла осуществляются синхронно с работой плавильной печи, а при уменьшении или увеличении производительности плавки изменяется скорость движения разливочного конвейера, длина которого рассчитывается таким образом, чтобы полученные в нем отливки смогли остыть и транспортироваться к месту складирования.

В процессе работы поточной линии по переплаву стружки производится контроль режимных и технологических параметров, заливка проб и образцов металла, замер температур шлака и металла, в также температуры продуктов сгорания в барабанном сушиле, корректировка параметров по ходу плавки с целью достижения стабильности работы поточной линии в

целом. После окончания работы поточной линии осуществляют удаление из печи остатков металла и шлака. Выпуск шлака производят путём наклона печи или через шлаковую летку в изложницы. После этого осуществляется зачистка подины и откосов печи и заправка их специальной подовой массой, состоящей из термоантрацита, кокса и каменноугольного пека.

Выводы: Разработанный технологический процесс плавки чугуна из чугунной стружки осуществляется на базе стандартных электродуговых печей, подвергнутых незначительной реконструкции для работы в непрерывном электрошлаковом процессе, Переплав стружки на месте ее образования и использование полученных шихтовых слитков в шихте даст значительный экономический эффект при производстве чугунных отливок.

Список использованных источников

1. Дурина, Т.А. Физико-химические основы литейного производства: Учебное пособие. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2009. – 245 с.

OPTIMAL TECHNOLOGICAL PROCESS OF MELTING CAST IRON FROM CAST IRON CHIPS

S.N. Kazantsev, N.V. Zverovshchikova, T.A. Durina

*Penza State University,
Penza, Russia*

The article describes the optimal technological process of melting cast iron from cast iron chips on the basis of electric arc furnaces operating in electrosag mode.

Keywords: optimization, cast iron melting, cast iron chips, technological process.

УДК 624.04

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ И ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В БАЛКАХ ПЕРЕМЕННОЙ ЖЁСТКОСТИ

П.А. Калентьева, А.С. Козлова, Б.А. Тухфатуллин, Л.Е. Путеева

*ФГБОУ ВО Томский ГАСУ,
г. Томск, Россия*

Рассмотрена задача по определению изгибающих моментов, прогибов и углов поворота в однопролётных балках ступенчато-переменной жёсткости для четырёх вариантах закрепления её концов. В зависимости от

выбранного типа решаемой задачи варьируемыми параметрами выступают: опорные реакции, прогиб и угол поворота на левом конце балки. Функция цели формируется из условий закрепления правого конца балки. Для решения используется функция «поиск решения» табличного процессора Microsoft Excel.

Ключевые слова: прогиб, угол поворота, табличный процессор Microsoft Excel, балка переменной жёсткости.

Введение. В практике современного строительства с целью экономии материальных ресурсов достаточно часто применяются балки переменной по длине жёсткости. Для реконструкции несущих элементов зданий и сооружений эффективным является способ наращивания сечений [1], при реализации которого дополнительный материал располагается в местах, требующих усиления с целью обеспечения условий прочности и жёсткости. Таким образом, задача по определению изгибающих моментов, прогибов и углов поворота в балках переменной жёсткости является актуальной и практически значимой. Как известно, при расчёте статически определимых балок переменной жёсткости метод начальных параметров не применим [2], а использование метода Максвелла-Мора [3] требует большого объёма вычислений. Методы сил и перемещений, используемые при расчёте статически неопределимых систем с большим числом участков различной жёсткости, также малоэффективны. Предлагаемый в данном докладе способ вычисления внутренних усилий и перемещений при относительно небольшой предварительной работе по подготовке исходных данных позволяет решать поставленную задачу с использованием средств автоматизации табличного процессора Microsoft Excel.

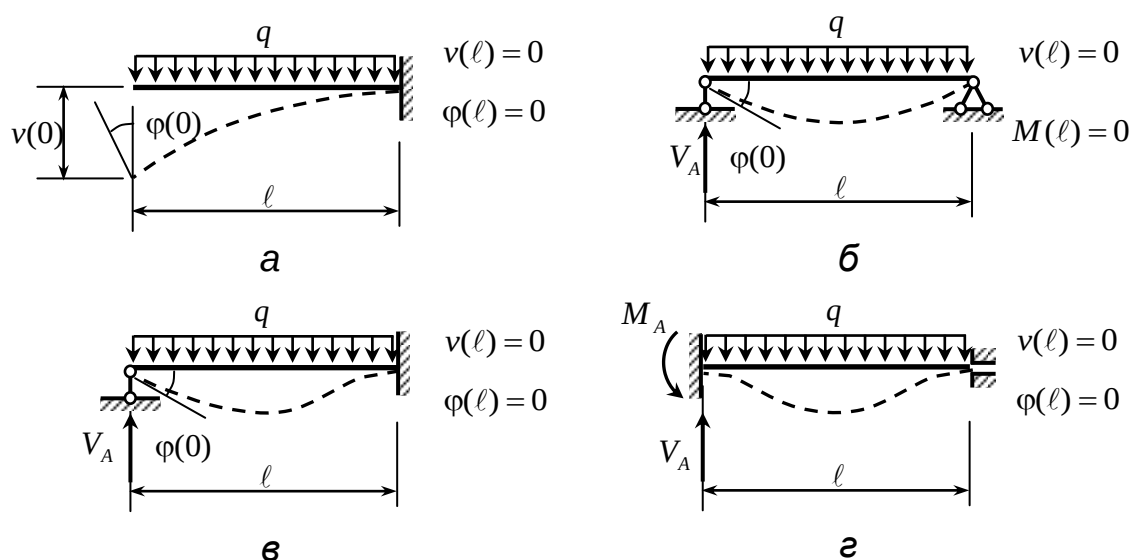


Рисунок 1 – Расчётные схемы балок:

а) тип I; б) тип II; в) тип III; г) тип IV

Материалы и методы. Рассматривается задача по определению изгибающих моментов и перемещений для однопролётной балки длиной ℓ , нагруженной равномерно-распределённой нагрузкой q при четырёх различных вариантах закрепления её концов (рис. 1, а-г). Балка делится на n участков равной длины, в пределах которых изгибная жёсткость является постоянной $EJ = \text{const}$. Введём следующие обозначения: M_A , V_A – опорные реакции на левом конце балки; $v(0)$, $\varphi(0)$ – прогиб и угол поворота на левом конце балки; $M(\ell)$, $v(\ell)$, $\varphi(\ell)$ – изгибающий момент, прогиб и угол поворота на правом конце балки. Правило знаков для внутренних усилий общепринятое в сопротивлении материалов [2]; прогибы и углы поворота имеют положительные значения при направлении снизу вверх и против часовой стрелки соответственно.

Согласно принятым обозначениям, изгибающий момент в произвольном сечении балки с координатой x вычислим по формуле:

$$M(x) = -M_A + V_A x - \frac{qx^2}{2}. \quad (1)$$

Прогиб v_i и угол поворота φ_i в конце участка длиной ℓ_i и жёсткостью EJ_i определим перемножением эпюр только для очередного участка по методу Максвелла-Мора с использованием формулы Симпсона [3]:

$$v_i = v_{i-1} + \frac{\ell_i}{6EJ_i} \left(M_i^{(н)} \ell_i + 4M_i^{(ср)} \frac{\ell_i}{2} + M_i^{(к)} \cdot 0 \right) - \varphi_{i-1} \ell_i, \quad (2)$$

$$\varphi_i = \varphi_{i-1} - \frac{\ell_i}{6EJ_i} \left(M_i^{(н)} \cdot 1 + 4M_i^{(ср)} \cdot 1 + M_i^{(к)} \cdot 1 \right). \quad (3)$$

В формулах (2) и (3) обозначены: $M_i^{(н)}$, $M_i^{(ср)}$, $M_i^{(к)}$ – изгибающие моменты, вычисленные по формуле (1), в начале, середине и конце i -о участка; v_{i-1} , φ_{i-1} – прогиб и угол поворота в конце предыдущего участка. Отметим, что для первого участка $v_{i-1} = v(0)$, $\varphi_{i-1} = \varphi(0)$, а для последнего – $v_i = v(\ell)$, $\varphi_i = \varphi(\ell)$. В зависимости от типа решаемой задачи, часть величин являются заданными, часть – варьируемыми, а часть – формирует целевую функцию (табл. 1). При поиске решения с помощью табличного процессора Microsoft Excel необходимо выполнение условия равенства нулю функции цели.

Таблица 1 – Заданные величины, варьируемые параметры и функция цели

Тип балки по рис. 1	Заданные величины	Варьируемые параметры	Целевая функция
I	$V_A = 0; M_A = 0$	$v(0); \varphi(0)$	$v^2(\ell) + \varphi^2(\ell)$
II	$M_A = 0; v(0) = 0$	$V_A; \varphi(0)$	$v^2(\ell) + M^2(\ell)$
III	$M_A = 0; v(0) = 0$	$V_A; \varphi(0)$	$v^2(\ell) + \varphi^2(\ell)$
IV	$v(0) = 0; \varphi(0) = 0$	$V_A; M_A$	$v^2(\ell) + \varphi^2(\ell)$

Пример. Требуется рассчитать изгибающие моменты и перемещения в балках (рис. 1, а-г) при следующих исходных данных: $\ell = 2,0$ м; $q = 10,0$ кН/м. Балки разделялись на десять участков равной длины. Изгибные жёсткости по участкам принимались равными: $EJ_1 = EJ_2 = 1,0$ кН·м²; $EJ_3 = EJ_4 = 2,0$ кН·м²; $EJ_5 = EJ_6 = 3,0$ кН·м²; $EJ_7 = EJ_8 = 4,0$ кН·м²; $EJ_9 = EJ_{10} = 5,0$ кН·м².

Результаты расчёта по предложенному алгоритму, выполненные в Microsoft Excel (рис. 2, а), сравнивались с расчётом по методу конечных элементов в некоммерческой версии программного комплекса ЛИРА САПР 2016 (рис. 2, б). Значения прогибов и углов поворота представлены в табл. 2.

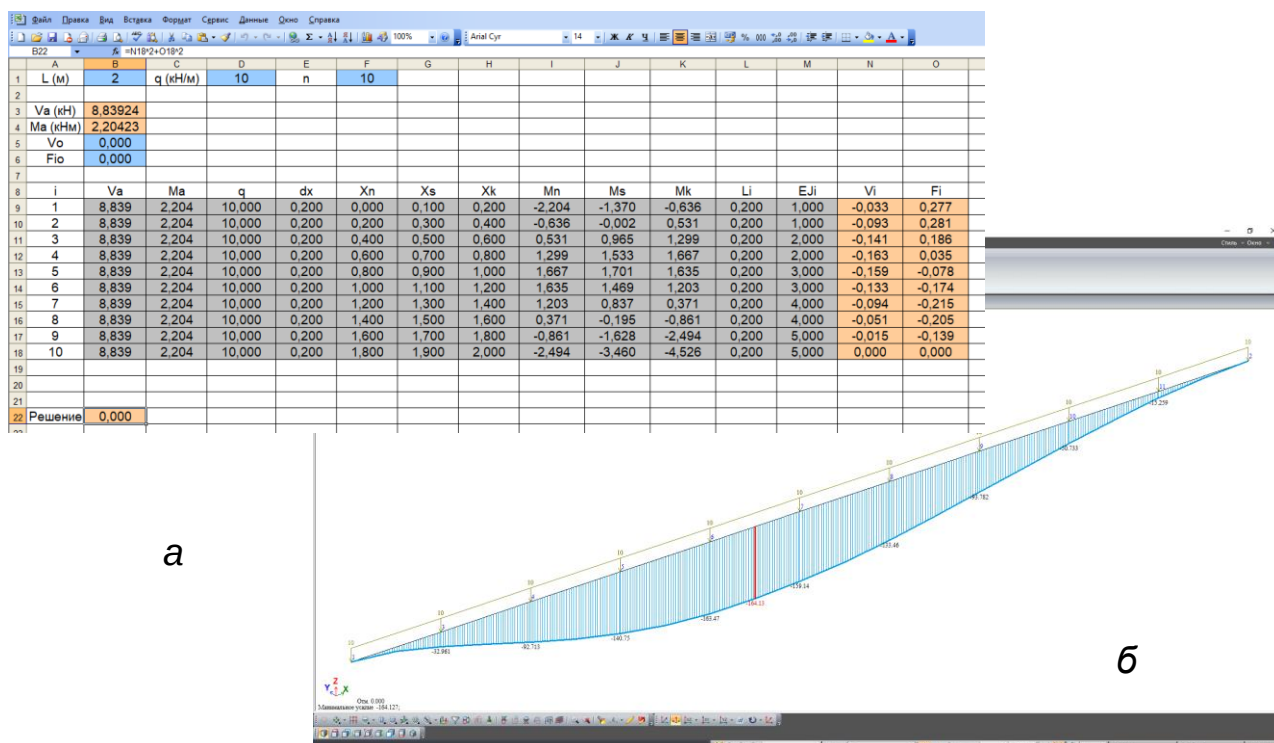


Рисунок 2 – Окна программ: а) Microsoft Excel; б) ПК ЛИРА САПР 2016

Таблица 2 – Результаты вычисления прогибов и углов поворота

Тип балки по рис. 1	Вычисленные величины (без учёта знака)			
	$v(0)$	$\varphi(0)$	v_5	φ_5
I	$\frac{4,727^*}{4,727^{**}}$	$\frac{3,444}{3,444}$	$\frac{1,516}{1,516}$	$\frac{2,692}{2,692}$
II	0	$\frac{1,650}{1,650}$	$\frac{0,785}{0,785}$	$\frac{0,199}{0,199}$
III	0	$\frac{0,793}{0,793}$	$\frac{0,273}{0,273}$	$\frac{0,240}{0,240}$
IV	0	0	$\frac{0,159}{0,159}$	$\frac{0,078}{0,078}$

* – результаты расчёта, полученные в Microsoft Excel;

** – результаты расчёта, полученные в ПК ЛИРА САПР 2016.

Выводы. Предложен способ решения задачи по определению изгибающих моментов и перемещений в однопролётных балках переменной жёсткости при четырёх вариантах закрепления её концов, использующий функцию «поиск решения» табличного процессора Microsoft Excel. Проверка правильности вычислений подтверждена сравнением с расчётом по методу конечных элементов в программном комплексе ЛИРА САПР 2016.

Список использованных источников

1. Ребров, И.С. Усиление стержневых металлических конструкций: проектирование и расчёт / И.С. Ребров. – Л. : Стройиздат. Ленинградское отделение, 1988. – 288 с.
2. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов / В.И. Феодосьев. – Москва: Изд-во МТУ, 2001. – 592 с.
3. Тухфатуллин, Б.А. Строительная механика. Расчёт статически неопределимых систем: учебное пособие / Б.А. Тухфатуллин, Р.И. Самсонова. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2012. – 116 с.

DETERMINATION OF INTERNAL FORCES AND DISPLACEMENT IN BEAMS OF VARIABLE RIGIDITY

P.A. Kalentieva, A.S. Kozlova, B.A. Tukhfatullin, L.E. Puteeva

*FSBEI Tomsk State University of Architecture and Building,
Tomsk, Russia,*

The problem of determining bending moments, deflections and angles of rotation in single-span beams of step-variable stiffness for four variants of fixing

its ends is considered. Depending on the selected type of the problem being solved, the variable parameters are: support reactions, deflection and angle of rotation at the left end of the beam. The target function is formed from the conditions for securing the right end of the beam. For the solution, the function «search for a solution» of the Microsoft Excel table processor is used.

Keywords: deflection, angle of rotation, Microsoft Excel spreadsheet, beam of variable stiffness.

УДК 656.022

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ВОДИТЕЛЕЙ

**Г.Н. Климова, В.А. Зеликов, А.Ю. Артемов,
Е.В. Сибиряткин, Ю.В. Струков, Г.А. Денисов**

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический
университет имени Г.Ф. Морозова»,
г. Воронеж, Россия*

В статье представлены методы повышения психологической надежности водителей для выработки психологической стабильности у обучаемых в автошколах, которые основываются на понимании всеми общей и личной заинтересованности о психофизиологических особенностях каждого кандидата в водители. Разработанные учебные методы рассчитаны на исследование и анализ психологических профессионально важных качеств водителей с применением технических средств.

Ключевые слова: водитель, методы повышения психологической надежности водителей, безопасность дорожного движения, транспортная культура.

Для достижения высоких результатов в любом виде образовательной деятельности, необходима четкая выстроенная структура целей обучения водителей, и алгоритм последовательных действий для достижения поставленных целей [1, 2, 3].

Для выработки психологической стабильности у обучаемых в автошколах, необходимо шире применять методы повышения психологической надежности. Поскольку для выработки в короткие сроки оптимального решения при развитии критической дорожно-транспортной обстановки, в первую очередь, необходимо научиться сохранять психологическую стабильность [4, 5, 6].

Предлагаемый учебный план и программы по дисциплине «Психологические основы деятельности», разработаны с учетом требований Положения о порядке и сроках подготовки и переподготовки (повышения квалификации) водителей автотранспортных средств.

Для базового курса, предлагаем 13 часов из них 8 часов теория и 5 часов практика освоения дисциплины «Психологические основы деятельности водителя». Основывается на понимании всеми общей и личной заинтересованности о психофизиологических особенностях каждого кандидата в водители.

Таблица 1 – Учебный план дисциплины «Психологические основы деятельности водителя» для базового курса

Для базового курса			
Наименование темы	Количество часов		
Психофизиологические основы деятельности водителя	Всего	Теоретические занятия	Практические занятия
1 Психологическая надежность водителя	2	2	
2 Психофизиологические Особенности деятельности водителя: познавательные функции (восприятие, внимание, память, мышление); психомоторные навыки.	2 1	2 1	
3 Социальные особенности деятельности водителя: Эмоции и воля; Личные качества; Основы эффективного общения ; Эмоциональные состояния и профилактика конфликта.	1 0,5 0,5 1	1 0,5 0,5 1	
4 Психологический практикум: Саморегуляция и профилактика конфликта	4		4
5 Аттестация с применением аппаратно-программного комплекса ПАКПФ-02	1		1
ИТОГО	13	8	5

Для дополнительных курсов предлагается программа 8 часовая из них 3 часа теории и 5 часов практика.

Курс рассчитан сделать основной упор на заинтересованность и воспитание транспортной культуры: вежливость, взаимоуважение, ответственность на дорогах, внимание к другим участникам дорожного движения. Саморегуляции эмоционального восприятия дорожно-транспортных событий на дорогах.

Таблица 2 – Учебный план дисциплины «Психологические основы деятельности водителя» для дополнительных курсов

Для дополнительных курсов			
Наименование темы	Количество часов		
1 Основы саморегуляции Психических состояний в процессе управления транспортным средством	Всего	Теоретические занятия	Практические занятия
Эмоция и воля	1	1	
Личные качества и профессиональная деятельность	1	1	
2 Психологический практикум: Саморегуляция в процессе управления транспортным средством	2		2
3 Основы бесконфликтного взаимодействия участников дорожного движения	Всего	Теоретические занятия	Практические занятия
Основы эффективного общения	1	1	
Психологический практикум: Профилактика конфликта	2		2
4 Аттестация с применением аппаратно-программного комплекса ПАКПФ-02	1		1
ИТОГО	8	3	5

Учебный план 20 часовой программы профессионального развития включает программу, состоящие из 5 часов, из них 1 час теоретических и 4 часа практических занятий.

Курс рассчитан исследовать и анализировать психологические профессиональные важные качества водителей с применением технических средств, а именно АПК «ПАКПФ-02». В курсе уделяется внимание важности соблюдения транспортной культуры (вежливость, взаимоуважение, ответственность на дорогах, внимание к другим участникам дорожного движения) для безопасности

дорожного движения. Практические часы отведены на саморегуляцию эмоционального состояния и восприятия дорожно-транспортных событий на дорогах. Демонстрации фильмов позитивного поведения и фактов культуры на дорогах.

Необходимо переходить от теоретических рассуждений, о вине водителя в 90 % в произошедших ДТП к мерам практическим в области безопасности дорожного движения.

Таблица 3 – Учебный план дисциплины «Психологические основы деятельности водителя» для дополнительных курсов

Для 20 часовой программы профессионального развития			
Наименование тем занятий	Количество часов		
	Всего	теоретических	практических
1 Психологический анализ профессионально важных качеств водителей транспортных средств. С применением аппаратно-программного комплекса ПАКПФ-02	2	1	1
2 Основы саморегуляции психических состояний в процессе управления ТС	2		2
3 Основы бесконфликтного взаимодействия участников дорожного движения	1		1
ИТОГО	5	1	4

Психологический анализ профессионально важных качеств водителей диагностируем с применением аппаратно-программного комплекса «ПАКПФ-02».

Программное обеспечение АПК «ПАКПФ-02» для автошкол базируется на девяти тестах способных выявить (оценить), следующие важные качества водителя: восприятие пространственных отношений и времени; устойчивость, переключаемость и распределение внимания, объем зрительного восприятия, пропускную способность зрительного анализатора; психомоторику; эмоциональную устойчивость, динамику работоспособности; так же позволяет определить свойства и качества личности водителя, которые позволяет ему безопасно управлять ТС.

Выводы

Предлагаемые варианты совершенствования программ подготовки и переподготовки водителей с учетом перерасчета часовой учебной нагрузки в рамках тех же дисциплин обучения и широкого внедрения в обучение технических средств, таких как тренажеры, позволят существенно повысить уровень квалификационной подготовки, как кандидатов в водители, так и водителей-профессионалов. Приобретенные теоретические и практи-

ческие навыки позволят наиболее эффективно развивать свои личностные качества оценки и анализа ситуации, и использовать их в случаях происшествия различных ДТС, в том числе и аварийных. Это позволит существенно сократить процент дорожно-транспортного травматизма, неминуемо возникающего при получении опыта молодым водителем путем «проб и ошибок» в конкретной дорожной ситуации. А также позволит минимизировать последствия и отточить действия водителя в случае возникновения аварийных ситуаций, непосредственно зависящих от личности водителя и уровня его психологической подготовки.

Список использованных источников

1. Increasing psychological stability of vehicle drivers [Электронный ресурс] / V. A. Zelikov, G. N. Klimova, Y. V. Strukov, A. Y. Artemov, D. V. Likhachev // Ubiquitous Computing and the Internet of Things: Prerequisites for the Development of ICT / Editors (view affiliations) Elena G. Popkova. - Springer Verlag 2019. - Vol. 826. - P. 1129-1136.

2. Психологические аспекты, влияющие на БДД, и их учет при обучении водителей [Текст] / Г.Н. Климова, В.А. Зеликов, Ю.В. Струков, Г.А. Денисов, В.В. Разгоняева // Грузовик. – 2020. – № 6. – С. 38-44.

3. Романов, А.Н., Надежность водителя: учеб. пособие для вузов / А.Н. Романов, П.А. Пегин. – Хабаровск: Издательство Тихоокеанского гос. университета, 2006. – 367 С.

4. Методические подходы к повышению качества подготовки водителей автотранспортных средств [Текст] / В.Я. Буйленко, Г.Н. Климова, В.А. Зеликов, Ю.В. Струков, А.Ю. Артемов // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2018. – № 3 (85). – С. 13-16.

5. Исследование субъективных факторов, влияющих на работоспособность водителя [Текст] / В.Я. Буйленко, Г.Н. Климова, В.А. Зеликов, Ю.В. Струков, А.Ю. Артемов // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2020. – № 4 (94). – С. 33-36.

6. Математическое обоснование применения средств управления для повышения безопасности движения [Текст] / Г.Н. Климова, В.А. Зеликов, Ю.В. Струков, Г.А. Денисов, Е.А. Маклакова., Э.Н. Бусарин // Грузовик. – 2020. – № 10. – С. 27-31.

DEVELOPMENT OF METHODS FOR IMPROVING THE PSYCHOLOGICAL RELIABILITY OF DRIVERS

**G.N. Klimova, V.A. Zelikov, A.Yu. Artemov,
E.V. Sibiryatkin, Yu.V. Strukov, G.A. Denisov**

*FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov»,
Russia, Voronezh*

The article presents methods for improving the psychological reliability of drivers to develop psychological stability in students in driving schools, which

are based on the understanding of all the general and personal interest in the psychophysiological characteristics of each candidate for drivers. The developed training methods are designed to study and analyze the psychological professionally important qualities of drivers with the use of technical means.

Keywords: driver, methods of improving the psychological reliability of drivers, road safety, transport culture.

УДК 624.04

РАСЧЁТ ИЗГИБАЮЩИХ МОМЕНТОВ И ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В БАЛКАХ ПЕРЕМЕННОЙ ЖЁСТКОСТИ С УПРУГОПОДАТЛИВЫМИ ОПОРАМИ

Е.Д. Колабанова, Л.Е. Путеева, Б.А. Тухфатуллин

*ФГБОУ ВО Томский ГАСУ,
г. Томск, Россия*

Рассмотрена задача по расчёту изгибающих моментов, прогибов и углов поворота в балках ступенчато-переменной жёсткости, опирающихся на одном конце на упругоподатливые опоры. Подобная задача возникает при расчёте усиления перекрёстных балок. Для вычисления перемещений и изгибающих моментов используется функция «поиск решения» табличного процессора Microsoft Excel.

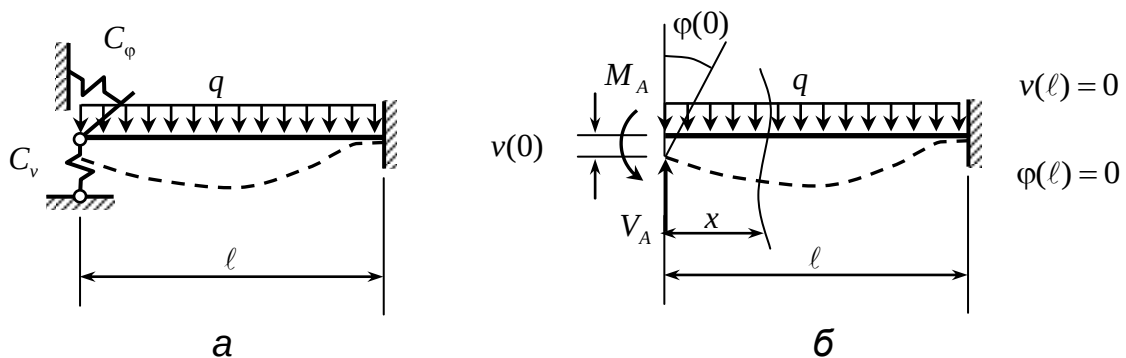
Ключевые слова: усиление балок переменной жёсткости, упругоподатливая опора, табличный процессор Microsoft Excel.

Введение. В строительной практике достаточно часто встречаются металлические конструкции с балками перекрытия (покрытия), расположенными в двух взаимно перпендикулярных направлениях. В этом случае опирание одной балки на другую моделируется при помощи упругоподатливой опоры. Жёсткости таких опор определяются расчётом поддерживающей балки на единичное вертикальное и угловое силовое воздействие. В случае необходимости расчёта балок, усиливаемых наращиванием сечения [1], и имеющих в числе опор упругоподатливые, классические методы сопротивления материалов и строительной механики [2, 3] неудобны для использования, т. к. требуют большого объёма вычислительной работы.

Материалы и методы. Решается задача по определению изгибающих моментов, вертикальных перемещений и углов поворота для однопролётной балки длиной ℓ , загруженной равномерно распределённой нагрузкой q , опирающейся на левом конце на упругоподатливую опору; правый конец балки жёстко закреплён (рис. 1, а). Обозначим жёсткости упругих

опор, препятствующих вертикальному и угловому перемещениям через C_v и C_ϕ соответственно, а $v(0)$ и $\phi(0)$ – прогиб и угол поворота на левом конце балки (рис. 1, б). Тогда величины вертикальной опорной реакции V_A и реактивного момента M_A , возникающих в упругоподатливой опоре определяются по формулам:

$$V_A = \frac{v(0)}{C_v}; \quad M_A = \frac{\phi(0)}{C_\phi}. \quad (1)$$



Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид doPDF 10															
Исходные данные															
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
L (м)	2	q (кН/м)	10	n	10										
Va (кН)	1,906	Слин	1,6667												
Ma (кНм)	-0,383	Сугл	4,9980												
Vo	-3,177														
Fio	-1,916														
i	Va	Ma	q	dx	Xn	Xs	Xk	Mn	Ms	Mk	Li	EJi	Vi	Fi	
1	1,9063	-0,383	10	0,2	0	0,1	0,2	0,3835	0,5241	0,3835	0,2	1	-3,177	-1,916	
2	1,9063	-0,383	10	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5647	0,5054	0,3460	0,2	1	-2,784	-2,018	
3	1,9063	-0,383	10	0,2	0,4	0,5	0,6	0,346	0,0866	-0,2727	0,2	2	-1,945	-2,123	
4	1,9063	-0,383	10	0,2	0,6	0,7	0,8	-0,273	-0,732	-1,2915	0,2	2	-1,527	-2,048	
5	1,9063	-0,383	10	0,2	0,8	0,9	1	-1,291	-1,951	-2,7102	0,2	3	-1,129	-1,917	
6	1,9063	-0,383	10	0,2	1	1,1	1,2	-2,71	-3,57	-4,5289	0,2	3	-0,767	-1,678	
7	1,9063	-0,383	10	0,2	1,2	1,3	1,4	-4,529	-5,588	-6,7477	0,2	4	-0,458	-1,397	
8	1,9063	-0,383	10	0,2	1,4	1,5	1,6	-6,748	-8,007	-9,3664	0,2	4	-0,216	-0,996	
9	1,9063	-0,383	10	0,2	1,6	1,7	1,8	-9,366	-10,83	-12,3851	0,2	5	-0,059	-0,562	
10	1,9063	-0,383	10	0,2	1,8	1,9	2	-12,39	-14,04	-15,8039	0,2	5	0,000	0,000	
Решение	0,000														

б

Рисунок 1 – а) расчётная схема балки с упругоподатливой опорой;
б) схема для определения усилий и перемещений;
в) окно программы Microsoft Excel

Для расчёта балка делится на n участков равной длины, в пределах которых изгибная жёсткость является постоянной и равна $EJ = \text{const}$. Введём следующее правило знаков для определения изгибающих моментов и перемещений: изгибающие моменты положительны при растяжении ниж-

них волокон; положительные прогибы направлены снизу вверх, а положительные углы поворота – по часовой стрелке. Изгибающий момент $M(x)$ в сечении с координатой x (рис. 1, б) от начала балки вычислим по формуле:

$$M(x) = -M_A + V_A x - \frac{qx^2}{2}. \quad (2)$$

Прогиб v_i и угол поворота φ_i в конце очередного участка длиной ℓ_i и жёсткостью EJ_i будем определять через прогиб v_{i-1} и угол поворота φ_{i-1} в начале участка. Результат перемножения эпюр по методу Максвелла-Мора с использованием формулы Симпсона [3] на очередном участке имеет вид:

$$v_i = v_{i-1} + \frac{\ell_i}{6EJ_i} \left(M_i^{(н)} \ell_i + 4M_i^{(ср)} \frac{\ell_i}{2} + M_i^{(к)} \cdot 0 \right) - \varphi_{i-1} \ell_i, \quad (3)$$

$$\varphi_i = \varphi_{i-1} - \frac{\ell_i}{6EJ_i} \left(M_i^{(н)} \cdot 1 + 4M_i^{(ср)} \cdot 1 + M_i^{(к)} \cdot 1 \right). \quad (4)$$

В формулах (3) и (4) обозначены: $M_i^{(н)}$, $M_i^{(ср)}$, $M_i^{(к)}$ – изгибающие моменты, вычисленные по формуле (2), в начале, середине и конце i -о участка. Очевидно, что для первого участка $v_{i-1} = v(0)$, $\varphi_{i-1} = \varphi(0)$, а для последнего участка – $v_i = v(\ell)$, $\varphi_i = \varphi(\ell)$.

В решаемой задаче величины $v(0)$ и $\varphi(0)$ являются неизвестными, для их определения используем граничное условие на правом конце балки:

$$v(\ell) = 0; \quad \varphi(\ell) = 0. \quad (5)$$

Отметим, что поставленная выше задача (1) – (5) является задачей безусловной оптимизации [4] с целевой функцией в виде:

$$V = [v(\ell)]^2 + [\varphi(\ell)]^2 \rightarrow 0. \quad (6)$$

Данную задачу удобно решать с помощью функции «поиск решения» табличного процессора Microsoft Excel (рис. 1, в). Для иллюстрации предложенного подхода рассмотрим ряд примеров.

Пример № 1. Требуется рассчитать изгибающие моменты, прогибы и углы поворота в балке (рис. 2, а) при следующих исходных данных:
 $\ell = 2,0$ м; $q = 10,0$ кН/м.
 $q = 10,0$ кН/м.

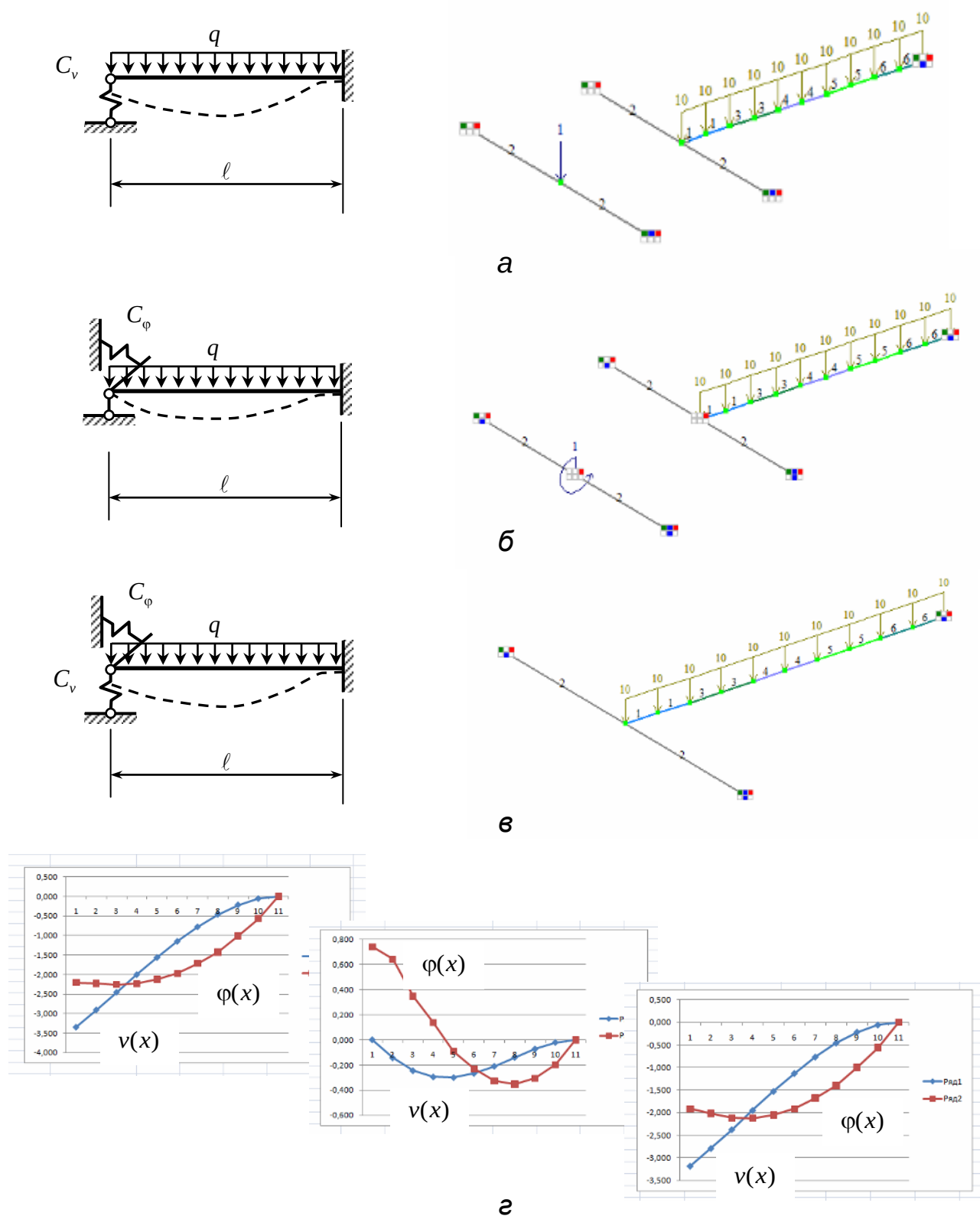


Рисунок 2 – Расчётные схемы балок а) к примеру № 1;
 б) к примеру № 2; в) к примеру № 3;
 г) результаты расчёта прогибов и углов поворота
 к примерам № 1, № 2, № 3

Балка делится на десять участков равной длины. Изгибные жёсткости по участкам принимаются равными: $EJ_1 = EJ_2 = 1,0 \text{ кН} \cdot \text{м}^2$; $EJ_3 = EJ_4 = 2,0 \text{ кН} \cdot \text{м}^2$; $EJ_5 = EJ_6 = 3,0 \text{ кН} \cdot \text{м}^2$; $EJ_7 = EJ_8 = 4,0 \text{ кН} \cdot \text{м}^2$; $EJ_9 = EJ_{10} = 5,0 \text{ кН} \cdot \text{м}^2$.

Левый конец балки опирается сверху на поддерживающую балку длиной $\ell^* = 2,0 \text{ м}$ с изгибной характеристикой $EJ^* = 0,1 \text{ кН} \cdot \text{м}^2$. Жёсткости на растяжение-сжатие для обеих балок принимались одинаковыми $EA = EA^* = 1000 \text{ кН}$. Для определения жёсткости упругой опоры C_v , а также величин изгибающих моментов, прогибов и углов поворота в программном комплексе ЛИРА САПР 2016 создаётся конечно-элементная модель, с помощью которой вычисляется жёсткость упругой опоры $C_v = 1,667 \text{ м/кН}$. Для данной задачи величина реактивного момента M_A принималась равной нулю.

Пример № 2. Исходные данные такие же, как в примере № 1. Левый конец балки опирается на вертикальную неподатливую опору (рис. 2, б); поддерживающая балка, препятствующая угловому перемещению, имеет жёсткость на кручение $EJ_k^* = 0,1 \text{ кН} \cdot \text{м}^2$. В этом случае жёсткость C_ϕ упругоподатливой опоры, найденная в ПК ЛИРА САПР 2016, равна $C_\phi = 4,998 \frac{\text{рад}}{\text{кН} \cdot \text{м}}$. В данном примере прогиб в начале балки равен нулю; неизвестной величиной является опорная реакция V_A .

Пример № 3. Исходные данные такие же, как в примере № 1. Левый конец балки опирается на вертикальную упругоподатливую опору с жёсткостями $C_v = 1,667 \text{ м/кН}$ и $C_\phi = 4,998 \text{ рад/кН} \cdot \text{м}$ (рис. 2, в).

Прогибы и углы поворота, вычисленные в Microsoft Excel, для всех примеров показаны на рис. 2, г. Полученные величины перемещений и ординаты эпюр изгибающих моментов совпали с результатами расчётов в ПК ЛИРА САПР 2016.

Выводы. Предложен способ решения задачи по определению изгибающих моментов, прогибов и углов поворота в однопролётных балках переменной жёсткости, имеющих в числе опор упругоподатливые. При решении используется функция «поиск решения» табличного процессора Microsoft Excel. Правильность вычислений подтверждена сравнением с расчётами методом конечных элементов в программном комплексе ЛИРА САПР 2016.

Список использованных источников

1. Ляхович, Л.С. Использование методов оптимизации в задачах усиления конструкций / Л.С. Ляхович, Б.А. Тухфатуллин, Л.Е. Путеева, А.И. Григорьев // Вестник ТГАСУ. – 2015. – № 6 (53). – С. 57–70.
2. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов / В.И. Феодосьев. – М. : Изд-во МГТУ, 2001. – 592 с.
3. Тухфатуллин, Б.А. Строительная механика. Расчёт статически неопределимых систем: учебное пособие / Б.А. Тухфатуллин, Р.И. Самсонова. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2012. – 116 с.
4. Тухфатуллин, Б.А. Нелинейные задачи строительной механики. Оптимальное проектирование конструкций / Б.А. Тухфатуллин. – Москва: ИНФРА-М, 2021. – 106 с.

CALCULATION OF BENDING MOMENTS AND DISPLACEMENT IN BEAMS OF VARIABLE RIGIDITY WITH ELASTIC SUPPORTING SUPPORTS

E. D. Kolabanova, L.E. Puteeva, B.A. Tukhfatullin

*FSBEI Tomsk State University of Architecture and Building,
Tomsk, Russia,*

The problem of calculating bending moments, deflections and angles of rotation in beams of step-variable stiffness, resting at one end on elastic supports, is considered. A similar problem arises when calculating the reinforcement of cross beams. To calculate displacements and bending moments, the «solution search» function of the Microsoft Excel spreadsheet is used.

Keywords: reinforcement of beams with variable stiffness, elastic support, Microsoft Excel spreadsheet.

УДК 624.139

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАНАЛА ДЛЯ ОТВОДА ВОДЫ ОТ НАСЫПИ

В. И. Коннов, Е. Э. Домашина, В. А. Емельянова

*Забайкальский институт железнодорожного транспорта,
г. Чита, Россия*

Ледяной бугор образуется возле железнодорожной насыпи в холодное время года. Это приводит к деформации пути. Выполнено строитель-

ство водоотводного канала для исключения образования наледи. В статье приведены гидравлический расчет нагорного канала, проектирование его трассы, расчет продольного профиля. Работа канала привела к устранению бугра наледи и заболачивания площади. Это мероприятие позволило снизить до нормы подъемку пути в зимний период и его просадку летом.

Ключевые слова: водоотводной канал, расчетный расход воды, бугор наледи, гидравлический режим, насыпь.

На 6101 км перегона ст. Тургутуй – ст. Сохондо Забайкальской железной дороги Транссибирской магистрали происходит подтопление и заболачивание площади воле железнодорожной насыпи на расстоянии 200 м с четной стороны. Этот процесс наблюдается ежегодно на ПК 3+00 – ПК 5+00 выше малого железнодорожного моста. В зимний период на указанном участке происходит образование бугра наледи высотой до 3,64 м. Высота насыпи железнодорожного полотна в этом месте не превышает 2,95 м.

Рост наледи приводит к повышению гидростатического давления воды под насыпью, что в свою очередь вызывает изменение продольного и поперечного профилей верхнего строения пути. Эти процессы наледообразования влияют на безопасность грузоперевозок (рис. 1) [1-4].

В рамках договора 17.021 «Укрепление грунтов и оснований объектов инфраструктуры с использованием полимерного материала «Криогелит»» между Забайкальской железной дорогой и Забайкальским институтом железнодорожного транспорта было принято решение запроектировать и построить нагорный канал для перехвата потока ручья и отведения его от насыпи в створ железнодорожного моста.



Рисунок 1 – Рост бугра наледи с четной стороны насыпи

Пропускная способность нагорного канала определена гидравлическим расчетом и при работе полным сечением составляет $Q_k = 8,50 \text{ м}^3/\text{с}$.

Гидравлический расчет нагорного канала выполнен по СП 33-101-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик (DETERMINATION OF DESIGN HYDROLOGICAL PERFORMANCE)», СНиП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения», по Справочнику по гидравлическим расчетам (Под редакцией П.Г. Киселева). Гидравлический расчет выполнен по формуле равномерного движения потока (формула Шези):

$$Q = WC\sqrt{Ri}, \quad (1)$$

где W – площадь поперечного сечения канала, м^2 ;

C – коэффициент Шези, $\text{м}^{0.5}/\text{с}$;

R – гидравлический радиус, м ; i – уклон дна канала;

$$C = \frac{1}{n} R^y, \quad (2)$$

где n – коэффициент шероховатости;

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1), \quad (3)$$

$$W = (B + m_0 h)h, \quad (4)$$

где B – ширина канала по дну, м ; m_0 – заложение откосов канала; h – глубина воды в канале, м ;

$$\chi = B + 2h\sqrt{1 + m_0^2}, \quad (5)$$

где χ – смоченный периметр, м .

$$R = W / \chi. \quad (6)$$

По результатам расчетов получены параметры канала и построены продольный и поперечный профили. После выноса проекта канала на местность произведена выемка грунта по его трассе длиной 290,6 м, гидравлическим экскаватором на «сланях» (рис. 2).

После строительства канала была снята перемычка, отделяющая ручей от канала. Поток ручья направлен под мост. По нагорному каналу поток должен двигаться с допускаемой неразрывающей скоростью. В случае не закрепления наброской камня входной части канала (под мостом), концевой части (сопряжение канала с ручьем), поворотов канала при прохождении дождевых паводков возможен размыв дна и откосов паводковыми водами. Это приведет к оплыванию откосов канала, уменьшению его поперечного сечения и снижению пропускной способности до величины $Q_k = 5,0 \text{ м}^3/\text{с}$. Канал запроектирован на пропуск расчетного расхода воды

$Q_{кр} = 8,0 \text{ м}^3/\text{с}$. На момент обследования расход воды в ручье составил $Q_{к} = 0,05\text{-}0,08 \text{ м}^3/\text{с}$.



Рисунок 2 – Выемка грунта экскаватором по трассе нагорного канала

Вывод. В результате строительства нагорного канала осуществлен перехват потока воды ручья, который поступал непосредственно к насыпи железнодорожного полотна. В результате выполненных гидротехнических мероприятий заболоченный участок перед железнодорожной насыпью был осушен. Процесс образования бугра наледи в зимний период прекращен (рис. 1).

Величины подъёмки пути в зимний период и его просадки летом не превышают установленных нормативов.

Список использованных источников

1. Руководство по проектированию оснований и фундаментов на пучинистых грунтах. – Москва: Стройиздат, 1979. – 45 с.
2. Коннов, В. И. Экологическая оценка и мероприятия по защите от загрязнения малых рек Восточного Забайкалья: научное издание / В.И. Коннов // Чита: ЧитГУ, 2006. – 126 с.
3. Сигачев, Н.П. Обследование участков пучения грунтов оснований линейных горных, природоохранных и других сооружений в Забайкалье / Н.П. Сигачев, В.И. Коннов, С.М. Коробко // Качество жизни населения и экология. Научное издание. Часть IV. – Пенза: РИО ПГСХА, 2014. – 191 с.
4. Ельчанинов, Е.А. Мероприятия по снижению пучения и осадки грунтов оснований горных и природоохранных сооружений в Забайкалье / Е.А. Ельчанинов, Н.П. Сигачев, В.И. Коннов, Е.В. Шехтман, С.М. Коробко // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2014. – №4. – С. 86-90.

DESIGNING A CANAL TO DRAIN WATER FROM AN EMBANKMENT

V.I. Konnov, E.Eh. Domashina, V.A. Emelyanova

*Zabaikal'sky Railway Transport Institute,
Chita, Russia*

An ice hillock forms near a railway embankment during the cold season. This leads to deformation of the track. The construction of overflow canal was completed to exclude the formation of ice. The article describes the hydraulic calculation of the upland canal, the design of its track, the calculation on the longitudinal profile. The work of the canal has led to the elimination of the ice hillock and eutrophication of the area. This exercise made it possible to reduce the rise of the track in the cold season and its subsidence in summer to the norm.

Keywords: overflow canal, estimated water flow, ice hillock, hydraulic mode, embankment.

УДК 621.924.93

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ ПОТОКА АБРАЗИВНОЙ СУСПЕНЗИИ В ТРУБАХ

Г.Р. Короленко, Рекиа Хосин, Н.А. Миронычев

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»,
г. Пенза, Россия*

Изложены результаты теоретических исследований динамики потока суспензии в трубах различного поперечного сечения. Получены аналитические выражения для определения скорости движения потока, объемных расходов в трубах. Даны практические рекомендации по проектированию.

Ключевые слова: профиль сечения, твердая фракция, скорость течения, расход, условие жесткости, траектория движения частиц.

Обеспечение качественной обработки внутренних поверхностей труб отличного от круглого сечения на предприятиях приборостроения сопряжено с необходимостью применения технологий, отличающихся низкой производительностью, большими затратами материальных ресурсов и проблемами с безопасностью окружающей среды. Наиболее часто их обработку производят потоком или струей суспензии или эластичным инструмен-

том по форме соответствующей форме поперечного сечения трубы принудительно перемещаемыми в полости труб избыточным давлением жидкости или газа [1, 2].

Процесс обработки труб потоком суспензии, перемещаемой избыточным давлением жидкости, отличается большей гибкостью, не требует изготовления специального эластичного инструмента и при соответствующих расчетах позволяет определить рабочие динамические характеристики обрабатывающей среды, закономерности и особенности ее воздействия на поверхность.

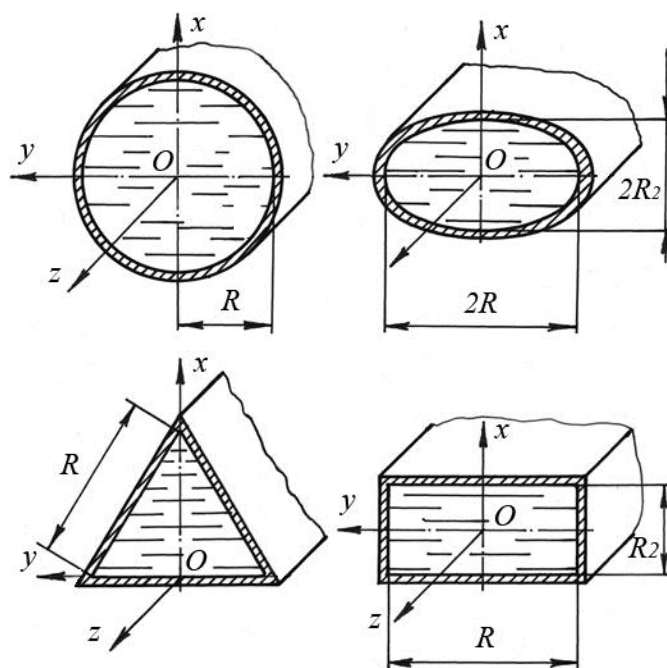


Рисунок 1 – Обозначение размеров и координатных осей труб различного поперечного сечения

Рассмотрим движение гидроабразивного потока внутри трубы.

Примем значение относительного объема ϕ , занимаемый частицами твердой фракции во всем объеме потока суспензии в диапазоне от 1:10 до 1:20.

При этом можно считать, что концентрация твердых частиц невелика, и рассматривать суспензию как однородную среду. Вязкость этой среды μ будет отличаться от вязкости μ_0 жидкости.

Движение потока суспензии в трубе может быть описано следующей системой уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{div} \bar{V} = 0, \\ \frac{\partial \bar{V}}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \text{grad} p + \nu \Delta \bar{V}, \end{array} \right. \quad (1)$$

где V – скорость движения потока; p – давление в потоке; ν – кинематическая вязкость суспензии; ρ – плотность суспензии; t – время.

Первое уравнение системы (1) представляет собой условие неразрывности потока, а второе – уравнение Навье-Стокса. Если считать линии тока прямыми, параллельными оси трубы z (рис. 1), то проекции скорости течения на оси x и y равны нулю, т. е. $V_x = u = 0$, $V_y = v = 0$. А проекция скорости на ось z будет отлична от нуля: $V_z = w \neq 0$.

После преобразования уравнения системы (1), при условии, что $\frac{\partial u}{\partial x} = 0$; $\frac{\partial v}{\partial y} = 0$ и $\frac{\partial p}{\partial x} = 0$, получим:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial w}{\partial z} = 0, \\ \frac{\partial w}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right). \end{array} \right. \quad (2)$$

Из первого уравнения системы (2) следует, что $w = w(x, y, t)$,

С учетом давления $p = p(z, t)$, второе уравнение системы (2) можно записать в виде:

$$\frac{\partial p}{\partial z} = \mu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) - \rho \cdot \frac{\partial w}{\partial t}, \quad (3)$$

где μ – динамическая вязкость суспензии.

Обозначим перепад давления вдоль оси трубы $\frac{\partial p}{\partial z} = -i$. Тогда

$$p = iz + Ci. \quad (4)$$

Если движение потока в трубе неустановившееся, то Ci является функцией времени t . Таким образом, вдоль обрабатываемой трубы давление изменяется в зависимости от z по линейному закону и имеет одинаковые значения во всех точках сечения, перпендикулярного к оси трубы.

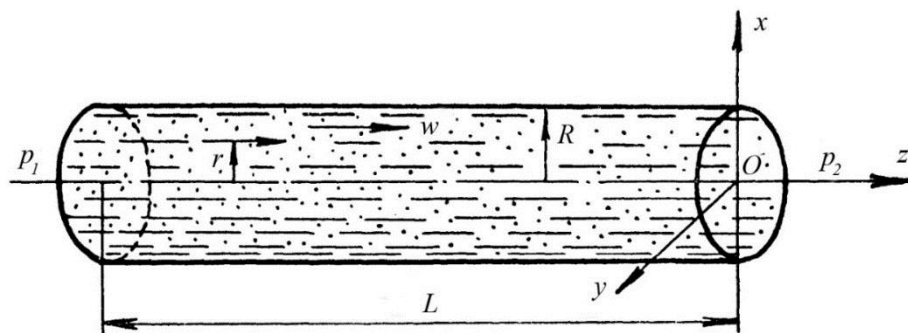


Рисунок 2 – Схема движения потока суспензии в цилиндрической трубе

Принимаем при $t = 0$ давление $p = p_1 = const$, а при $z = L$ $p = p_2$. Тогда на основании уравнения (4) составив систему уравнений и решив ее получим, что распределение давлений по трубе происходит по закону

$$p = -\frac{p_1 - p_2}{L} \cdot z + p_1. \quad (5)$$

Определим скорость w движения суспензии по трубе. Для этого запишем уравнение (3) в виде:

$$\frac{\partial w}{\partial t} = \frac{i}{\rho} + \frac{\mu}{\rho} \cdot \Delta w. \quad (6)$$

В качестве граничного условия будем иметь в виду, что скорость на поверхности трубы $w_0 = 0$. Предположим, что движение потока суспензии установившееся, тогда скорость $w = w(x, y)$ и от параметра t не зависит. При этом уравнение (6) примет вид:

$$\Delta w = -\frac{i}{\mu}. \quad (7)$$

Для цилиндрической трубы радиуса R решение уравнения (7) имеет вид [3]:

$$w = \frac{i}{4\mu} (R^2 - r^2), \quad (8)$$

где r – расстояние от трубы до рассматриваемого слоя жидкости суспензии.

Уравнение (8) характеризует распределение скоростей слоев жидкости по сечению цилиндрической трубы. Максимальная скорость достигается на оси трубы ($r = 0$):

$$w_{max} = \frac{i \cdot R^2}{4\mu}.$$

Средняя скорость равна половине максимальной.

Для трубы прямоугольного сечения при $-a \leq x \leq a$, $-b \leq y \leq b$ (рис. 3) скорость движения потока определится по выражению [3,4]:

$$w = \frac{i}{\mu} \left[\frac{1}{2} \cdot y^2 + \frac{16b^2}{\pi^2} \left(\cos \frac{\pi \cdot y}{2b} \cdot \frac{ch \frac{\pi \cdot x}{2b}}{ch \frac{\pi \cdot a}{2b}} - \frac{1}{27} \cdot \cos \frac{3\pi \cdot y}{2b} \cdot \frac{ch \frac{3\pi \cdot x}{2b}}{ch \frac{3\pi \cdot a}{2b}} + \dots \right) \right], \quad (9)$$

$$w_{cp} = 0,01268 \frac{i \cdot 4a^2}{\mu \cdot l}$$

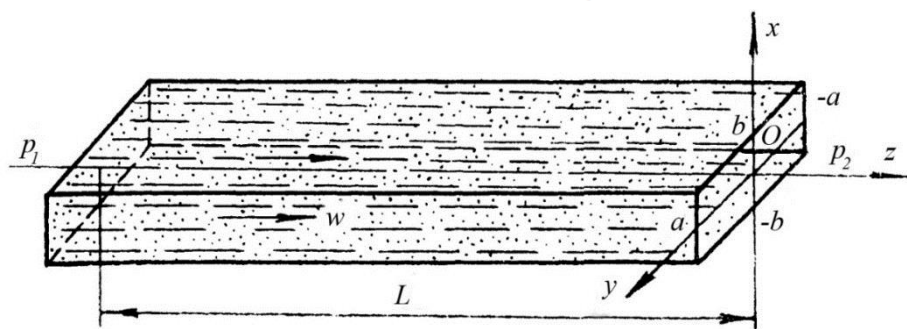


Рисунок 3 – Схема движения потока суспензии в трубе прямоугольного сечения

Для трубы треугольного сечения (рис. 1) скорость движения потока определится по выражению

$$w = \frac{i}{2\sqrt{3}\mu R \cdot l} \cdot y(y - \sqrt{3}x - \frac{R\sqrt{3}}{2}) \cdot (y + \sqrt{3}x - \frac{R\sqrt{3}}{2}),$$

$$w_{\text{ср}} = 0,0125 \frac{i \cdot R^2}{\mu \cdot l}$$

Найденные выражения (8) и (9) показывают, что наибольшая скорость движения потока суспензии будет на оси трубы, а слои жидкости, прилегающие непосредственно к стенкам трубы, будут иметь скорость, близкую к нулю. Следовательно, основная масса потока суспензии будет двигаться в центре трубы. Условий для воздействия частиц шлифматериала на стенки трубы не будет создано.

Определим объемные расходы Q суспензии: для цилиндрической трубы

$$Q = \int_0^R w \cdot 2\pi r dr = \frac{i \cdot \pi}{2\mu} \int_0^R (R^2 - r^2) \cdot r dr = \frac{i \cdot \pi \cdot R^4}{8\mu}. \quad (10)$$

для трубы прямоугольного сечения

$$Q = \frac{i \cdot a \cdot b^3}{4\mu} \left[\frac{16}{3} - \frac{1024}{\pi^5} \cdot \frac{a}{b} \left(\text{th} \frac{\pi \cdot a}{2b} + \frac{1}{27} \cdot \text{th} \frac{3\pi \cdot a}{2b} + \dots \right) \right] = 0,456 \frac{ia^4}{\mu \cdot l} \quad (11)$$

Для трубы эллиптического сечения величины Q и w определяются по выражению [3]:

$$Q = \frac{\pi \cdot i \cdot R^3 \cdot R_2^3}{4\mu \cdot l(R^2 + R_2^2)}; \quad w = 0,25 \frac{i}{\mu \cdot l} \cdot \frac{R^2 \cdot R_2^2}{R^2 + R_2^2}. \quad (12, 13)$$

Соотношения (11) и (12) являются весьма важными для расчета устройств, создающих избыточное давление потока суспензии.

Трубы прямоугольного сечения, изготавливаемые из высокопластичных цветных металлов и их сплавов имеют тонкие стенки и использование давлений, приводящих к необратимой деформации недопустимо.

Наиболее эффективным и безопасным решением задачи интенсификации обработки будет процесс прокачки суспензии с переменной скоростью, а также центробежно-планетарная обработка со смещением к периферии и уплотнением твердой фракции суспензии.

При этом движение обрабатываемых частиц суспензии происходит по винтообразной траектории, что позволит нивелировать продольную и поперечную шероховатости и улучшить технические характеристики изделия.

Центробежные силы при планетарном вращении обрабатываемых труб смещают основную массу твердой фракции потока суспензии к удаленной от центра вращения стенке тем самым способствуют увеличению интенсивности ее контактирования с поверхностью трубы и повышению эффективности обработки.

Список использованных источников

- 1 Билик, Ш.М. Абразивно-жидкостная обработка металлов. – Москва: Машгиз, 1960. – 198 с.
- 2 Бушминский, И.П. Изготовление элементов конструкции СВЧ. Волноводы и волноводные устройства : учеб. пособие для вузов. – Москва : Высш. шк., 1974. – 304 с.
- 3 Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газа. Изд. 7-е, испр. – Москва: Дрофа, 2003. – 840 с.
- 4 Зверовщиков, В.З., Ярошевич Г.О., Миронычев Н.А. Динамика процесса финишной обработки внутренних поверхностей труб потоком гидроабразивной суспензии. – Алмазная и абразивная обработка деталей машин и инструмента: Межвуз. сб. науч. тр. – Пенза: Пенз. политехи, ин-т, 1985. – Вып. 13. – С. 86-90.

RESEARCH OF HYDRODYNAMICS OF THE STREAM OF ABRASIVE SUSPENSION IN PIPES

G.R. Korolenko, Rekiua Hosine, N.A. Mironychev

*FSBEI HE «Penza State University»,
Penza, Russia*

Results of theoretical researches of dynamics of a stream of suspension in pipes of various cross section are stated. Analytical expressions for determination of speed of the movement of a stream, volume flows in pipes are received. Practical recommendations about design are made.

Keywords: section profile, hard fraction, current speed, expense, rigidity condition, trajectory of the movement of particles.

УДК 631.11

ВЕДЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Т.Г. Косенко

*ФГБОУ ВО Донской государственный аграрный университет,
п. Персиановский, Россия*

В статье рассмотрено осуществление экономической и хозяйственной деятельности в агропромышленном производстве. Дано определение

основных направлений повышения выхода валовой продукции СПК «Мир» Ремонтненского района Ростовской области. Названы факторы и условия рациональной химизации производства продукции растениеводства.

Ключевые слова: воспроизводство, валовая продукция, интенсивность, эффективность.

При осуществлении экономической и хозяйственной деятельности в агропромышленном производстве постоянно учитывают особенности, обусловленные технологией производства, размещением трудовых, производственных и земельных ресурсов.

Особенности осуществления воспроизводства в сельском хозяйстве обусловлены тем, что по сравнению с другими отраслями особое значение имеет возобновление природно-биологической системы- земли, растений и животных. В связи с этим, наиболее важным является обеспечение единства техники, биологии, экономики и экологии.

СПК «Мир» Ремонтненского района Ростовской области имеет производственное направление зерновое. В структуре товарной продукции наибольший удельный вес занимает озимая пшеница. Её доля составляет 77,36 %, мясо КРС 7,40 %, мясо овец 3,05 %, шерсть 1,07 %.

Ценообразование в сельском хозяйстве должно способствовать поощрению производства и поддержке доходности сельских товаропроизводителей, реализации продукции по ценам, определяемым отношением спроса и предложения.

При разработке производственной программы по растениеводству в первую очередь встает необходимость изучения возможностей реализации (сбыта) продукции, платежеспособного спроса на нее, обоснования объемов производства и необходимых материально-денежных ресурсов.

В зависимости от исходного материала и целей можно применять различные способы оценки растений [2, с.32]. Выход валовой продукции растениеводства зависит от размера и структуры посевных площадей и уровня урожайности [5, с.16].

Одним из резервов повышения эффективности производства продукции является повышение ее качества и конкурентоспособности [6, с.77]. Высокий уровень качества повышает спрос на продукцию и увеличивает прибыль предприятия за счет объема продаж и более высоких цен [7, с.54].

Рост эффективности сельскохозяйственного производства осуществляется за счет интенсивных факторов [8,с.3]. Урожайность сельскохозяйственных культур характеризует степень интенсивности сельского хозяйства [3,с.30].

Валовая продукция сельского хозяйства учитывается в натуральных и стоимостных показателях[9, с.94]. Натуральные показатели отражают количественный размер и состав созданных благ. Показателями валовой

продукции, исчисленными в центнерах, тоннах и др. единицах измерения является сбор урожая отдельных культур, прирост незавершенного производства, молодых многолетних насаждений, побочная продукция.

Валовую продукцию сельского хозяйства оценивают в сопоставимых и текущих ценах, а также по себестоимости. Для определения общего объема продукции, его изменения в динамике по годам, для исчисления годовой и часовой производительности труда, фондоотдачи и других целей валовую продукцию оценивают в сопоставимых ценах.

Главным направлением роста валовой продукции сельского хозяйства является последовательная интенсификация отраслей растениеводства и животноводства на базе химизации, мелиорации и комплексной механизации [1, с.20]. Увеличение продукции растениеводства может быть достигнуто за счет повышения урожайности сельскохозяйственных культур, совершенствования технологии выращивания качественного ухода за растениями и уборки урожая, внесения органических и минеральных удобрений, улучшения подготовки семян и посадочного материала, повышение уровня организации производства.

Данные об уровне интенсификации производства в растениеводстве и ее экономической эффективности представлены в таблице.

Таблица 1 – Уровень интенсификации производства в растениеводстве и ее экономическая эффективность

Показатели	2017 г.	2019г.	Изменение, %
Приходится на 100га пашни: основных производственных фондов, тыс. руб.	1332,87	1043,22	-21,76
затрат на производство продукции растениеводства, тыс. руб.	1172,47	2369,73	102,11
Стоимость минеральных удобрений, руб.	224,64	187,93	-16,34
Затраты на 1га, ч/дн.	3,36	3,36	0
Удельный вес посева в площади пашни, %	80,72	91,81	13,74
Удельный вес пропашных культур в площади посева, %	20,88	18,31	-12,31
Стоимость валовой продукции на 100 га пашни, тыс. руб.	1444,71	2265,84	56,83
Урожайность с 1га зерновых, ц	35	36,5	4,29
подсолнечника, ц	21	16,8	-0,2
Стоимость валовой продукции на 100 руб. основных фондов, руб.	108,39	219,09	102,12
Стоимость валовой продукции на 100 руб. производственных затрат, руб.	123,22	95,62	-22,4

Физические свойства сельскохозяйственной продукции играют важную роль в процессе ее реализации и потреблении.

Большое значение при реализации экологически чистой продукции имеет предпочтение потребителей. Для производства такой продукции требуются значительные дополнительные затраты материально – денежных средств, а цены реализации экологически чистой продукции существенно возрастают.

Важным условием эффективной работы сельскохозяйственного предприятия является сокращение затрат труда на единицу продукции, высвобождение работников для организации переработки и реализации продукции[4,с.190].

В рыночных условиях торговля и перерабатывающие предприятия являются конкурентами сельскохозяйственных предприятий как поставщика готовой продукции. Затраты на переработку сельскохозяйственного сырья в пищевой промышленности ниже, чем в сельскохозяйственных предприятиях, имеющих цехи по переработке продукции.

Список использованных источников

1. Агафонов, Е.В., Каменев Р.А. Влияние способов внесения минеральных удобрений на урожайность зернового сорго на чернозёме обыкновенном Ростовской области / Кукуруза и сорго. – 2008. – № 4. – С. 19-21.
2. Гибриды моркови для товарного производства / А.Н. Ховрин, М.А. Косенко, А.В. Корнев, Л.М. Соколова // Картофель и овощи. – 2019. – №7. – С. 32-33.
3. Косенко, М.А. Результаты и перспективы селекции редьки европейской. // Овощи России. 2019. – №4. – С.29-31.
4. Косенко, Т.Г. Особенности регионального природо-пользования В сборнике: Прогнозирование инновационного развития национальной экономики в рамках рационального природопользования Материалы V Международной научно-практической конференции: в 3-х частях. – 2016. – с. 180-192.
5. Косенко, Т.Г. Оценка эколого-экономической эффективности сельскохозяйственного производства. Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2014. – № 4-3 (14). – С. 12-17.
6. Косенко, Т.Г. Характеристика работы предприятия Учебное пособие / п. Персиановский, 2016.
7. Нестеров, Д.Н., Нестерова Е.М., Громаков А.А., Турчин В.В. Действие регуляторов роста и минеральных удобрений на продуктивность кукурузы на черноземе Ростовской области // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 5. – С. 49-56.
8. Отечественные сорта и гибриды для торговых сетей / О.В. Бакланова, О.Р. Давлетбаева, М.Г. Ибрагимбеков и др. // Картофель и овощи. – 2018. – №10. – С. 2-7.

9. Пугач, Е.И., Иванищева Н., Маньшина А. Опыт применения минеральных удобрений и микробиологических препаратов под чечевицу в Ростовской области. В сборнике: Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур материалы международной научно-практической конференции. – 2015. – С. 91-95.

MAINTAINING COMPETITIVE AGRICULTURAL PRODUCTION

T.G. Kosenko

*FSBEI HE Don state agrarian University,
Persianovsky, Russia*

The article considers the implementation of economic and economic activities in agro-industrial production. The definition of the main directions of increasing the output of the gross output of the SEC «Mir» of the Remontnensky district of the Rostov region is given. The factors and conditions of rational chemicalization of crop production are named.

Key words: reproduction, gross output, intensity, efficiency.

УДК 631.11

ОЦЕНКА РЕСУРСОЕМКОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ ООО «АГРОФИРМЫ «НОВОЩЕРБИНОВСКАЯ»

Т.Г. Косенко

*ФГБОУ ВО Донской государственный аграрный университет,
п. Персиановский, Россия*

В статье рассмотрены особенности использования совокупных ресурсов сельскохозяйственного предприятия. Дано определение ресурсоемкости производства в ООО «Агрофирме «Новощербиновская». Названы факторы и условия эффективного функционирования ресурсного потенциала.

Ключевые слова: ресурсы, оценка, ресурсоёмкость, ресурсоотдача, эффективность.

Производственные объекты представляют собой сложные организационные системы, состоящие из многих взаимодействующих элементов. Поэтому главное в их характеристике – определение свойств связей между

ними, а также возможных последствий их взаимодействия, обуславливающих эффект системности, т.е. превышения результата функционирования системы в целом над суммой результатов функционирующих в системе элементов.

Максимальная эффективность производства достигается только при условии комплексного совершенствования организации труда, производства и управления. Оно сводится к обеспечению наиболее целесообразного взаимодействия кадров и техники в трудовых процессах. В связи с этим различают три направления организации – труда, производства и управления.

ООО «Агрофирма «Новощербиновская» расположена в Щербиновском районе Краснодарского края. Производственное направление предприятия зерново-скотоводческое. В структуре посевных площадей наибольший удельный вес занимает озимая пшеница. Уровень товарности культуры 86,59 %.

В зависимости от исходного материала и целей можно применять различные способы оценки растений [1,с.32]. Рост эффективности сельскохозяйственного производства осуществляется за счет интенсивных факторов [8, с.3].

Урожайность сельскохозяйственных культур характеризует степень интенсивности сельского хозяйства [4,с.94]. Для характеристики размеров производства продукции растениеводства используют показатели стоимости валовой продукции отрасли [2, с.4].

Для определения уровня использования совокупных ресурсов предприятия применяют относительный показатель – ресурсоемкость, который показывает, сколько содержится единиц ресурсов в единице продукта. Снижение ресурсоемкости свидетельствует о более рациональном использовании производственных ресурсов.

Ресурсоемкость может быть представлена в целом по функционирующим совокупным ресурсам и как сумма частных эффектов от использования каждого вида ресурсов.

Для более точной характеристики использования совокупных ресурсов следует сопоставить фактическую ресурсоемкость и нормативной. Нормативный уровень ресурсоемкости отражает природные и технико-экономические условия хозяйствования, поэтому такой показатель служит обоснованной базой для оценки эффективности производства.

Структура производственных ресурсов, их качественные и эксплуатационные характеристики, условия использования непрерывно изменяются под воздействием технических, организационных и социальных мероприятий [3.с.135].

Обобщение резервов начинается с оценки количественного измерения плановых и фактических изменений показателей технико-организационного уровня производства. Получаемые при этом результаты проявляются в двух основных направлениях: относительном высвобожде-

нии ресурсов (Δr , $\Delta \Phi$, ΔO); получении за счет их лучшего использования дополнительных объемов продукции (ΔV_p).

Уровень эффективности функционирования ресурсного потенциала определяется рядом факторов: материальная и моральная заинтересованность, коллективность, комплексность, пропорциональность, нормативность и целенаправленность.

Основными показателями использования производственного потенциала предприятия являются валовая продукция в сопоставимых ценах на 1000 рублей потенциала, выручка от реализации продукции на 1000 рублей потенциала, чистый доход на 1000 рублей потенциала.

Важнейшей задачей является получение высокой прибыли, позволяющей осуществлять воспроизводство [5, с.184]. Одним из резервов повышения эффективности производства продукции является повышение ее качества и конкурентоспособности [6, с.17].

Производственно-экономическая эффективность использования ресурсного потенциала зависит от качества и структуры ресурсов, их рациональности, применения; от организации управления производством.

Основными критериями эффективности использования производственных ресурсов в совокупности являются: рост валовой продукции, получение валового и чистого дохода, а также прибыли, то есть окупаемость затрат на их использование. Эти показатели целесообразно применять как при оценке производственных ресурсов в совокупности, так и по каждому ресурсу в отдельности (на единицу ресурса в натуральном или стоимостном выражении).

Окупаемость используемых ресурсов характеризуется системой показателей: выходом валовой продукции, получение валового дохода и прибыли на 100га сельскохозяйственных угодий, на 100га пашни, 100руб. основных производственных фондов и материальных затрат, на одного среднегодового работника и один человеко-день.

Эффективность использования ресурсного потенциала с-х производства в обобщенной форме проявляется в ресурсосбережении [7, с.81]. Результатом ресурсосбережения является снижения издержек производства продукции, оно должно стать одним из важных источников обеспечения дополнительной потребности в производственных ресурсах.

Основными путями осуществления ресурсосбережения в сельскохозяйственном производстве являются устранение потерь материальных ресурсов, комплексная механизация трудовых процессов, использование ресурсосберегающих технологий.

Список использованных источников

1. Гибриды моркови для товарного производства / А.Н. Ховрин, М.А. Косенко, А.В. Корнев, Л.М. Соколова // Картофель и овощи. – 2019. – №7. – С. 32-33.

2. Драгалева, О.А., Луганская И.А. Оценка антропогенного воздействия на сельскохозяйственные районы Ростовской области // Мелиорация антропогенных ландшафтов Межвузовский сборник научных трудов. Новочеркасская государственная мелиоративная академия. Новочеркасск, 2007. – С. 91-97.

3. Збраилов, М.А., Пойда В.Б., Фалынсков Е.М. и др. Сравнение урожайности гибридов подсолнечника CLEARFIELD при разных способах защиты от сорняков // Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур: материалы международной научно-практической конференции, 17 февраля 2016 г. - пос. Персиановский: Донской ГАУ. - 2016. – С. 134-137.

4. Косенко, М.А. Результаты и перспективы селекции редьки европейской. // Овощи России. – 2019. – №(4). – С.29-31.

5. Косенко Т.Г. Особенности регионального природо-пользования В сборнике: Прогнозирование инновационного развития национальной экономики в рамках рационального природопользования Материалы V Международной научно-практической конференции: в 3-х частях. – 2016. – с. 180-192.

6. Косенко, Т.Г. Оценка эколого-экономической эффективности сельскохозяйственного производства. Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2014. – № 4-3 (14). – С. 12-17.

7. Косенко, Т.Г. Характеристика работы предприятия Учебное пособие / п. Персиановский, 2016.

8. Отечественные сорта и гибриды для торговых сетей / О.В. Бакланова, О.Р. Давлетбаева, М.Г. Ибрагимбеков и др. // Картофель и овощи. – 2018. – №10. – С. 2-7.

ASSESSMENT OF RESOURCE INTENSITY OF PRODUCTION IN THE CONDITIONS OF LLC «AGROFIRMA» NOVOSHCHERBINOVSKAYA»

T.G. Kosenko

*FSBEI HE Don state agrarian University,
Persianovsky, Russia*

The article considers the features of using the total resources of an agricultural enterprise. The definition of the resource intensity of production in LLC «Agrofirma «Novoshcherbinovskaya» is given. The factors and conditions for the effective functioning of the resource potential are named.

Key words: resources, evaluation, resource intensity, resource efficiency, efficiency.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДОМ ПОВОРОТА СТОЛА МНОГОЦЕЛЕВОГО СТАНКА

А.А. Круглов, Ю.В. Истомина

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»,
г. Пенза, Россия*

В статье обосновывается актуальность оснащения многоцелевых станков системами автоматического управления (САУ), рассматривается структура САУ приводом поворота рабочего стола многоцелевого станка, приводится математическая модель системы управления, анализируется полученная переходная характеристика САУ.

Ключевые слова: многоцелевой станок, поворотный стол, система автоматического управления, переходный процесс.

В настоящее время системами автоматического управления (САУ) оснащаются большинство типов промышленного оборудования (металлообрабатывающие станки, прессы, литьевые, строительные, дорожные и другие машины), причем типаж самих систем очень многообразен. Так оснащение технологического оборудования системами автоматического управления способствует повышению точности, производительности и эффективности использования различного металлообрабатывающего оборудования, в том числе станков с ЧПУ и многоцелевых станков [1].

На рис. 1 показана схема САУ приводом поворота стола многоцелевого станка по типу мод. ИР200ПМФ4. Поворот рабочего стола РС осуществляется от электродвигателя постоянного тока ЭД через редуктор Р. Частота вращения выходного вала двигателя регулируется с помощью тиристорного преобразователя ТП. Угловое расстояние, на которое перемещается стол станка, контролируется датчиком обратной связи ДУП. Для повышения динамических характеристик системы управления в цепи обратной связи скоростного контура (на рис.1 выделен штриховой линией) установлен тахогенератор ТГ.

САУ работает следующим образом. Устройство числового программного управления УЧПУ вырабатывает сигнал в виде напряжения U_3 , строго пропорциональный заданному углу поворота рабочего стола РС. Напряжение U_3 поступает на вход сравнивающего устройства СУ, которое выдает сигнал ошибки $\Delta U_{\text{п}} = U_3 - U_{\text{оп}}$, где $U_{\text{оп}}$ - напряжение на выходе датчика углового положения ДУП, соответствующее фактическому углу поворота α_c стола станка. Сигнал ошибки $\Delta U_{\text{п}}$ через усилитель У и тиристорный преобразователь ТП вызывает вращение выходного вала двигателя ЭД, связанного со столом через редуктор Р. В результате рабочий стол

станка будет поворачиваться до тех пор, пока не займет угловое положение, соответствующее заданному.

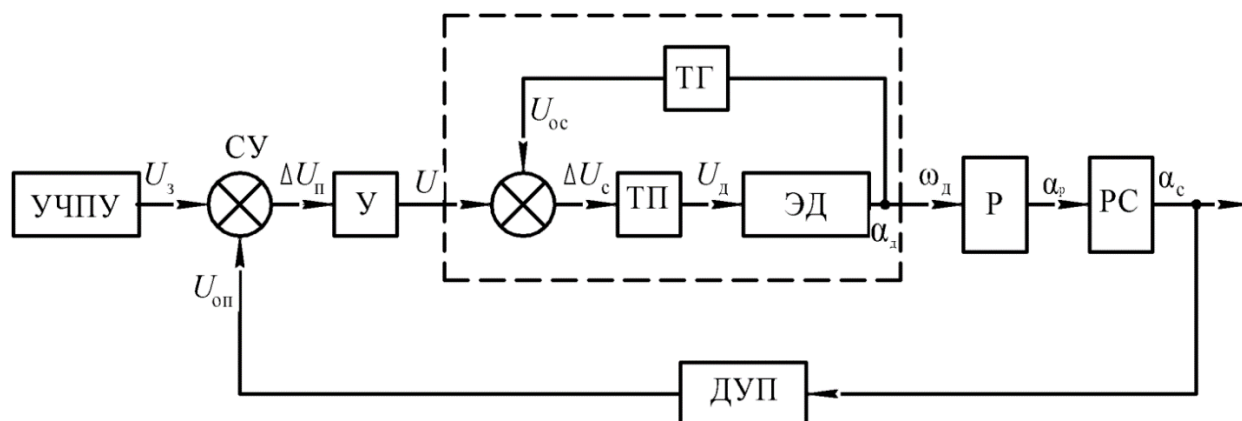


Рисунок 1 – Функциональная схема САУ

Для определения передаточной функции САУ приводом поворота рабочего стола многоцелевого станка запишем передаточные функции динамических звеньев, входящих в структуру системы управления.

Передаточная функция усилителя У:

$$W_y(s) = \frac{U(s)}{\Delta U_{\text{п}}(s)} = k_y, \quad (1)$$

где $U(s)$ – напряжение на выходе усилителя; s – оператор дифференцирования; k_y – коэффициент усиления.

Передаточная функция тиристорного преобразователя ТП:

$$W_{\text{ТП}}(s) = \frac{U_{\text{д}}(s)}{\Delta U_{\text{с}}(s)} = k_{\text{ТП}}, \quad (2)$$

где $U_{\text{д}}(s)$ – напряжение на входе электродвигателя;

$\Delta U_{\text{с}}(s)$ – напряжение на входе тиристорного преобразователя;

$k_{\text{ТП}}$ – коэффициент усиления тиристорного преобразователя.

Передаточная функция электродвигателя постоянного тока ЭД:

$$W_{\text{д}}(s) = \frac{\alpha_{\text{д}}(s)}{U_{\text{д}}(s)} = \frac{k_{\text{д}}}{(T_{\text{д}}s + 1)s}, \quad (3)$$

где $\alpha_{\text{д}}(s)$ – угол поворота выходного вала двигателя;

$T_{\text{д}}$ и $k_{\text{д}}$ – постоянная времени и коэффициент передачи двигателя соответственно.

Передаточная функция редуктора Р:

$$W_p(s) = \frac{\alpha_p(s)}{\alpha_d(s)} = k_p, \quad (4)$$

где $\alpha_p(s)$ – угол поворота выходного вала редуктора; k_p - коэффициент передачи редуктора; $k_p = 0,1$.

Передаточная функция тахогенератора ТГ:

$$W_{TG}(s) = \frac{U_{oc}(s)}{\omega_d(s)} = k_{TG}, \quad (5)$$

где $U_{oc}(s)$ – напряжение на выходе тахогенератора; ω_d – угловая скорость выходного вала двигателя; k_{TG} – коэффициент передачи тахогенератора.

Передаточная функция датчика углового положения ДУП:

$$W_{ДУП}(s) = \frac{U_{оп}(s)}{\alpha_c(s)} = k_{ДУП}, \quad (6)$$

где $k_{ДУП}$ – коэффициент передачи датчика.

Используя правила преобразования структурных схем [2] и учитывая выражения (1)-(6), находим передаточную функцию замкнутой САУ приводом поворота рабочего стола станка:

$$W_{зп} = \frac{k_y k_{тп} k_d k_p}{T_d s^2 + s + k_{тп} k_d k_{TG} + k_y k_{тп} k_d k_p k_{ДУП}}. \quad (7)$$

Построение переходной характеристики САУ (рис. 2) осуществлялось с помощью математического пакета MathCAD 15 при следующих исходных данных: $k_y = 10$; $k_{тп} = 7$; $k_d = 0,5 \left[\frac{\text{рад}}{\text{В}} \right]$; $k_{TG} = 3,5 \left[\frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}} \right]$,

$$T_d = 0,03 \text{ с}; k_{ДУП} = 2,7 \left[\frac{\text{В}}{\text{рад}} \right].$$

При моделировании переходного процесса на вход системы автоматического управления подавалось внешнее возмущающее воздействие в виде ступенчатой (толчкообразной) функции. На практике такое типовое динамическое воздействие реализуется при включении привода станка.

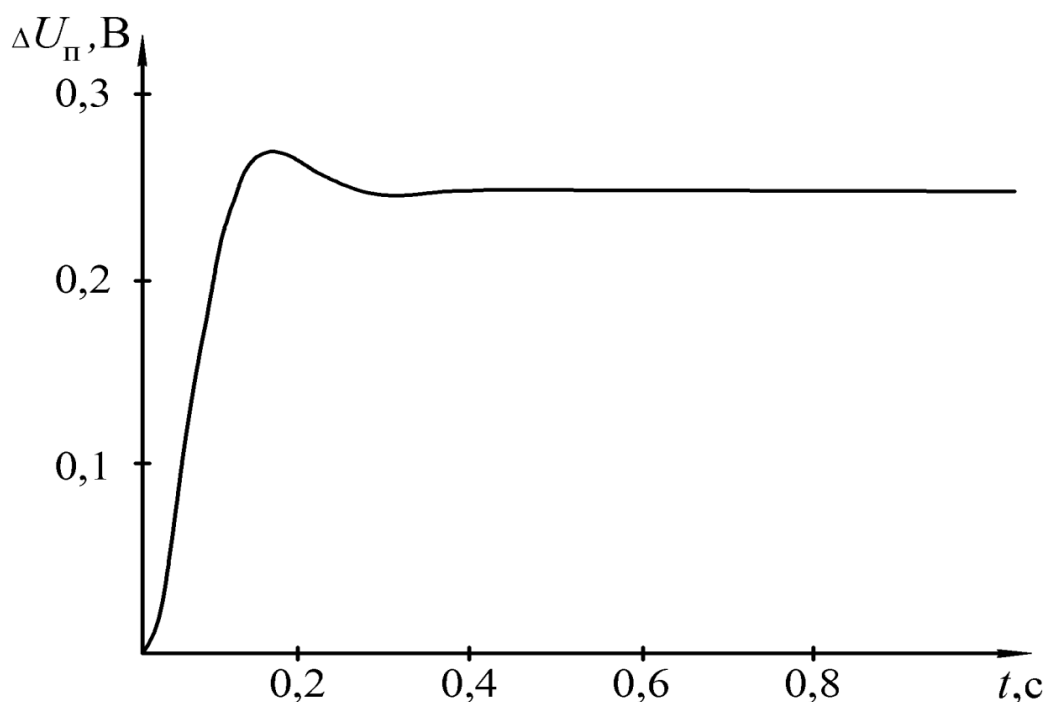


Рисунок 2 – Переходная характеристика САУ

Анализ полученной переходной характеристики показал, что система автоматического управления является устойчивой, а время затухания переходного процесса равно 0,38 с. Динамическая ошибка работы привода поворота стола составила 0,26 В, статическая – 0,24 В.

Список использованных источников

1. Адаптивное управление технологическими процессами / Ю.М. Соколов, В. Г. Митрофанов, С. П. Протопопов и др. – Москва: Машиностроение, 1980. – 536 с.
2. Петраков Ю. В., Драчев О. И. Теория автоматического управления технологическими системами: учебное пособие для студентов вузов. – Москва Машиностроение, 2008. – 336 с.

AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR THE MULTI-PURPOSE MACHINE TABLE ROTATION DRIVE

A.A. Kruglov, Yu.V. Istomina

*Penza State University,
Penza, Russia*

The article substantiates the relevance of equipping multi-purpose machines with automatic control systems (ACS), considers the structure of the ACS with a drive for turning the working table of a multi-purpose machine, presents a

mathematical model of the control system, and analyzes the resulting transient characteristic of the ACS.

Keywords: multi-purpose machine, turntable, automatic control system, transition process.

УДК 504.05

СНИЖЕНИЕ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ ПРИ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА

А.А. Крутикова, А.И. Сысолятина, М.А. Рузанова

*Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Казанский национальный
исследовательский технологический университет»,
г. Нижнекамск, Россия*

Данная работа рассматривает возможные методы для снижения выбросов вредных веществ при сжигании топлива на нефтеперерабатывающих заводах.

Ключевые слова: топливо, трубчатые печи, экология, модернизация производства.

Разработка и внедрение методов снижения вредных выбросов при сжигании топлива является одной из приоритетных природоохранных задач на НПЗ.

Известно, что для подогрева нефти и нефтепродуктов в технологических установках НПЗ производится сжигание топлива (мазут и нефтезаводские газы), в процессе которого в атмосферу вместе с дымовыми газами выбрасываются вредные вещества. Объем валовых выбросов в атмосферу предприятиями нефтепереработки в 2019 году составил более 1600 тысяч тонн загрязняющих веществ.

Как известно, трубчатые печи относятся к головным аппаратам технологических установок и являются основными потребителями топлива. В составе печей эксплуатируются горелочные устройства, работающие на газообразном и жидком топливе, которые характеризуются недостаточной экологической эффективностью. Из основных конструктивных параметров топливосжигающих устройств, влияющих на образование вредных веществ, следует выделить тип горелки и параметр интенсивности крутки воздушного потока (в дутьевых горелках).

Вопросы охраны воздушной среды на нефтеперерабатывающих заводах страны решаются пока не совсем удовлетворительно, а акционирование предприятий отрасли практически не способствовало решению экологических проблем. Существующие методы эксплуатации и проектирования трубчатых печей, главным образом, основаны на обеспечении производства нефтепродуктов без должного учёта количественного и качественного состава сопутствующих вредных выбросов в воздушный бассейн [1].

Данную проблему можно рассмотреть посредством оценки источников загрязнения атмосферного воздуха на НПЗ. Данный анализ показал, что наряду с факельными установками технологические трубчатые печи являются главными загрязнителями атмосферы.

При сжигании углеводородного топлива образуются «термический», «топливный» и «быстрый» оксид азота. Отечественными учеными была разработана термическая теория образования оксида азота. «Топливный» оксид азота образуется при горении из азотосодержащих соединений, входящих в состав сжигаемого топлива, при более низких температурах. Кинетика образования NO из азота топлива изучена еще недостаточно. Азот топлива переходит через промежуточные соединения в оксид азота и основную роль в образовании NO играет атомарный азот.

Для работы трубчатых печей на НПЗ, кроме жидкого топлива применяются нефтезаводские газы, состав которых значительно колеблется в зависимости от вида исходного сырья, назначения и режима работы технологических установок.

При обосновании малоотходной технологии эксплуатации трубчатых печей предлагается метод снижения вредных выбросов в атмосферу при двухступенчатом сжигании топлива. Он является одним из перспективных способов регулирования топочных режимов и одновременно эффективным методом сокращения образования оксидов азота. В отличие от традиционного одноступенчатого сжигания топливо сжигается в двух ступенях, подводя на каждую ступень только часть воздуха, необходимого для сгорания топлива в первую зону (ступень) горения подается количество воздуха меньше теоретически необходимого, т.е. $\alpha < 1$, а во вторую зону (ступень) - остальное количество воздуха, необходимого для полного сгорания топлива [2].

В результате в 1-ой зоне наблюдается снижение максимальной температуры горения и концентрации атомарного и молекулярного кислорода в ядре факела при недостатке окислителя, что способствует уменьшению образования оксида азота. Горение во 2-ой зоне протекает при более низкой температуре вследствие охлаждения избыточным воздухом, и поэтому образование оксидов азота происходит в меньших количествах, чем при обычном методе сжигания.

Проведенный анализ механизмов образования основных загрязняющих веществ позволяет научно обосновать и разработать методы сни-

жения их выбросов. Установлено, что при раздельном сжигании топочного мазута в составе продуктов сгорания присутствуют значительные концентрации оксида углерода (600-1800 мг/м³). При совместном сжигании жидкого топлива с нефтезаводскими газами концентрации оксида углерода в дымовых газах гораздо меньше, чем при раздельном сжигании мазута и составляют 100-1200 мг/м³. При раздельном сжигании нефтезаводских газов с малым избытком воздуха содержание СО в дымовых газах ещё меньше и составляет 5-60 мг/м³. Показано, что во всех случаях сжигания газообразного и жидкого топлива в продуктах сгорания присутствуют токсичные NO_x, концентрации которых изменяются от 200 до 320 мг/м³. При этом максимальные концентрации соответствуют сжиганию мазута, а минимальные - нефтезаводским газам [3].

Результаты исследований показали, что с увеличением интенсивности крутки воздуха пропорционально возрастает концентрация NO_x в продуктах сгорания. Это можно объяснить укорочением длины факела, его уплотнением и повышением максимальной температуры пламени, что приводит к повышенному выбросу NO_x и хорошо согласуется с термической теорией академика Зельдовича Я. Б.

Известно, что на образование оксидов азота влияет также ступенчатое сжигание топлива. Исследование влияния двухступенчатого режима сжигания нефтезаводского газа на уровень выхода оксидов азота в зависимости от коэффициента избытка воздуха на выходе из топки (ат) проводилось в сравнении с обычным одноступенчатым сжиганием нефтезаводского газа. Объектом исследований при обычном и двухступенчатом сжигании нефтезаводского газа была принята печь каталитического риформинга.

Разработан принципиально новый метод снижения вредных выбросов из трубчатой печи. Суть метода заключается в следующем: при сжигании топливо и воздух для горения делят на потоки. В горелки первого яруса горения по трубопроводу подают пропан-бутановый газ и по другому трубопроводу - воздух

Выгорание пропан-бутанового газа в первой зоне протекает при пониженном количестве воздуха и более низкой температуре, что снижает выход термических оксидов азота. Снижение образования оксидов азота и продуктов неполного сгорания во второй зоне обеспечивается за счет подачи достаточного количества холодного воздуха, понижающего температуру в этой зоне.

Подобная малоотходная технология сжигания нефтезаводских газов позволила сократить выбросы оксидов азота и других сопутствующих загрязняющих веществ в атмосферу. При этом не ухудшились эколого-экономические параметры работы технологической печи, более того, негоревшие компоненты (СО, С_mН_n, сажа) топлива в I ярусе горения эффективно догорают в потоке горящего газообразного топлива горелок 2 яруса, что повышает полноту и качество сжигания топлива, способствуя сокращению вредных выбросов из печи.

Список использованных источников

1. Рузанова, М.А. Экология техносферы / Рузанова М.А., Патракова Г.Р. // Нижнекамск: НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ», 2016. – 117 с.
2. Рузанова, М.А. Оценка экологической эффективности работы очистных сооружений (на примере предприятия химической технологии) / Рузанова М.А., Патракова Г.Р. // Вестник Казанского Технологического университета. – Казань: КГТУ, 2016. – Т19.-№16.-С.141.-146 с.
3. Рузанова, М.А. Проблема очистки газовых выбросов / Рузанова М.А., Яруллин Б.А. // Теоретические и прикладные вопросы комплексной безопасности. Материалы II международной научно-практической конференции (14 марта 2019 года). Том 2.

REDUCTION OF HARMFUL EMISSIONS IN THE ATMOSPHERE DURING FUEL BURNING

A.A. Krutikova, A.I. Sysolyatina, M.A. Ruzanova

*Nizhnekamsk Institute of chemical technology (branch) of the Federal state
budgetary educational institution of higher education
«Kazan national research technological University»,
Nizhnekamsk, Russia*

This work examines possible methods for reducing emissions of harmful substances from fuel combustion in oil refineries.

Key words: fuel, tube furnaces, ecology, production modernization.

УДК 621.391

ЗАВИСИМОСТЬ МИНИМУМА СПЕКТРА ПРОПУСКАНИЯ НАКЛОННЫХ ВОЛОКОННЫХ РЕШЕТОК БРЭГГА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

**К.Т. Кусайнова, Д.К. Иманмадилов, Б.Е. Хамзина,
К.Ж. Наурыз, А.А. Кабибулатов**

*Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
г.Нур - Султан, Казахстан*

В данной статье представлена зависимость минимума спектра пропускания наклонных волоконных решеток Брэгга (НВБР) с углами наклона 3° и 5° С. А также спектральные параметры, которые применяются от по-

казателя преломления окружающей среды, а именно от повышения температуры с 0° до 50° с шагом в 5°C . В ходе эксперимента были изучены такие характеристики как минимум спектра пропускания. Показана линейная зависимость минимума спектра пропускания от температуры. По полученным данным построены аппроксимации и отмечены линейные зависимости минимума спектра НВБР от температуры окружающей среды. Следовательно, минимум спектра НВБР можно использовать как индикатор изменения температуры окружающей среды.

Ключевые слова: наклонная волоконная брэгговская решетка (НВБР), оптическое волокно (ОВ), эксимерный лазер, метод фазовой маски, минимум спектра.

Волоконные брэгговские решетки (далее ВБР), записанные в оптических волокнах (далее ОВ), вызывали значительный интерес в последние три десятилетия в качестве ключевой технологии передачи информации. ОВ и ВБР оказали огромное влияние на современные телекоммуникационные системы, а также используются в роли датчика в области зондирования. Из - за высокой чувствительности к различным параметрам окружающей среды, включая физические, химические, биомедицинские и электрические, они используются для структурного мониторинга здоровья в гражданской инфраструктуре, а также аэрокосмической, энергетической и в других областях экономики. Количество применений ВБР в зондировании резко возросло с добычей нефти, измерения температуры и газа [1-2].

Большинство оптоволоконных (далее ОВ) датчиков основаны на явлении рассеяния света вдоль ОВ. Некоторые же датчики уникальны тем, что они могут обнаруживать изменения температуры или давления этой среды, которые возникают в точках, находящихся в сотнях или тысячах километров от ОВ. Таким образом, особенность датчика на основе решетки Брэгга состоит в том, что он позволяет с определенной точностью определять точную информацию об изменении температуры или давления. Измерение температуры имеет решающее значение для многих промышленных процессов и задач мониторинга. ВБР в первую очередь чувствительны к воздействию температуры. Датчики на основе ВБР имеют ряд преимуществ по сравнению с обычными ОВ датчиками, например: небольшие размеры и легкий вес, невосприимчивость к электромагнитным помехам, высокая долгосрочная стабильность, использование при особо высоких температурах [3].

Интерес к температурным датчикам изготовленным на основе ВБР в настоящее время особенно высок. Например, Lars Hoffmann, S. Muller, и другие рассматривали в своих работах три общих принципа ОВ измерения температуры: ВБР, комбинационное рассеяние света и точечные интерферометрические датчики. В их исследованиях представлены принципы работы и применение концепций зондирования [4].

Другая группа исследователей, Jan Nedoma, Marcel Fjkus, и другие предложили инкапсуляцию датчиков ВБР с целью обеспечения максимальной защиты от внешних воздействий и повреждений. Инкапсуляция полидиметилсилоксаном представляется интересной альтернативой из-за удобной температуры и гибкости эластомера. В их работе приводится анализ спектральных характеристик и температурной чувствительности ВБР, на которые влияют высокая температура и сам процесс отверждения полидиметилсилоксана. Представленные результаты авторами подразумевают, что их метод инкапсуляции не оказывает никакого влияния на структуру или функциональность ВБР [5].

Материалы и методы исследования. В ходе нашего исследования с целью изучения изменения минимума спектра при изменении температуры, нами проведен эксперимент в котором использовался метод фазовой маски, а также эксимерный лазер (в качестве записи наклонной ВБР с углами наклона 3° и 5° С). На одно ОВ была нанесена решетка с углом наклона в 3° С, а на второе - с углом наклона в 5° С. Оба ОВ были подключены к источнику света с одной стороны и к оптическому анализатору с другой. Участки, близкие к серединам кабелей были зачищены, защитная оболочка кабелей была удалена. Этот участок был помещен в контейнер с 10 % раствором воды с тростниковым сахаром, показатель преломления среды был равен 1,3479. Контейнер с раствором и ОВ был помещен в климатическую камеру. Температура в климатической камере варьировалась от 0° до 50° С с шагом в 5° С. Ультрафиолетовый свет подавался на светочувствительное одномодовое оптическое волокно (далее ООВ) методом фазовой маски. Свет лазерного луча падал на наклонной ВБР (далее НВБР), который был погружен в водный раствор тростникового сахара. Спектры пропускания НВБР измеряли с помощью анализатора оптического спектра. Схема нашей экспериментальной установки представлена на рис.1 (а). По полученным экспериментальным данным были построены нормированные спектры ВБР в среде Matlab с углами наклона 3° и 5° С и найдены минимумы данных спектров (рис.1 б, в).

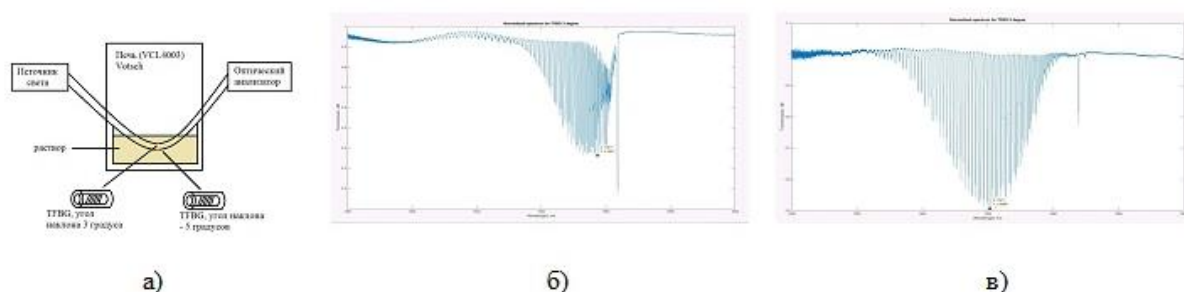


Рисунок 1 – Экспериментальная установка (а) и нормированные спектры (с минимумами данных спектров) наклонной ВБР в среде Matlab с углами наклона 3° и 5° С (б, в)

Получены минимумы спектра для НВБР с повышением температуры от 5° до 50° С (таб. 1, 2), где X и Y - минимум спектра пропускания M.

Таблица 1 – Изменения минимума спектра пропускания с наклоном в 3°С

t0 C	00	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
X	1554	1554	1554	1554	1554	1554	1554	1554	1558	1558	1557
Y	0,4113	0,4093	0,4073	0,4056	0,4093	0,4029	0,4085	0,4008	0,3724	0,3517	0,3621

Таблица 2 – Изменения минимума спектра пропускания с наклоном в 5°С

t0 C	00	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
X	1540	1540	1540	1540	1540	1540	1540	1541	1542	1541	1541
Y	0,4992	0,4989	0,4973	0,498	0,4972	0,4988	0,4991	0,5011	0,5047	0,5092	0,5068

По данным таб. 1 была построена аппроксимирующая линия (рис. 2, б), которая наглядно иллюстрирует зависимость минимума спектра от температуры окружающей, то есть чем выше температура окружающей среды – тем меньше значение минимума спектра НВБР. По такому же принципу построена аппроксимирующая линия по таб. 2 (рис. 2, в), которая наглядно иллюстрирует зависимость минимума спектра от температуры окружающей среды и, что чем выше температура окружающей среды - тем выше значение минимума спектра НВБР.

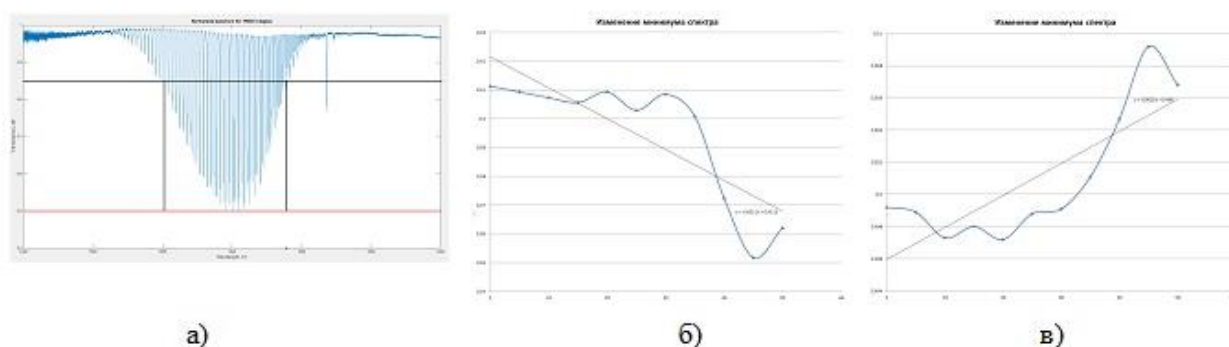


Рисунок 2 – Ширины спектра и его минимума (а), аппроксимация изменения минимума спектра пропускания при повышении температуры с наклонами в 3°С (б) и 5°С (в)

На рис. 2 (а), черной горизонтальной линией (верхняя) показано пороговое значение ширины спектра которое в данном случае равно 0,85. Красная линия (горизонтальная нижняя линия) показывает положение минимума спектра и соответствует самому низкому значению спектра. Вертикальные черные линии обозначают ширину спектра. Пороговое значение 0,85 наилучшим образом соответствует экспериментальным данным. Для нахождения ширины спектра и его минимума была изучена работа A. Tolegenova, Piotr A. Kisala и других. Авторы перебрали различные пороговые значения и сделали оценку ошибки по специальной формуле. Лучшее значение порогового значения соответствует минимальному значению ошибки [6].

Выводы. Таким образом, зависимости минимума спектра НВБР от температуры окружающей среды для обоих вариантов наклонных решеток (углы наклона 3° и 5° C) показывают линейную зависимость. Следовательно, минимум спектра НВБР может использоваться как индикатор изменения температуры окружающей среды. Характеристика представляет большой интерес в контексте практического применения контроля температуры в химических процессах, силовых кабелей для оптимизации производственных процессов, обеспечения пожарной безопасности в железнодорожных туннелях и в вагонах, а также для обнаружения утечек в трубопроводах.

Список использованных источников

1. Kashyap R. Fiber Bragg Gratings// Academic Press Print Book ISBN: 9780123725790 Release Date: 04 Nov 2009.
2. Campanella, C.E.; Cuccovillo, A.; Campanella, C.; Yurt, A.; Passaro, V.M.N. Fibre Bragg Grating Based Strain Sensors: Review of Technology and Applications. *Sensors* 2018, 18, 3115. <https://doi.org/10.3390/s18093115>.
3. Иманмадилов Д., Кусаинова К.Т. Исследование свойств волоконно - оптических датчиков на основе решеток Брэгга // Матер. междунар. науч. - теор. конф. «Сейфуллинские чтения – 15: Молодежь, наука, технологии - новые идеи и персп.», приуроченной к 125 летию С. Сейфуллина. - 2019. - Т.1, Ч.1 - С.32-34.
4. Lars Hoffmann, Mathias S. Müller, Sebastian Krämer, Matthias Giebel, Günther Schwotzer and Torsten Wieduwilt. Applications of fibre optic temperature measurement// *Proc. Estonian Acad. Sci. Eng.*, 2007, 13, 4, P. 363 - 378.
5. Jan Nedoma, Marcel Fjkus, Lukas Bednarek, Jaroslav Frnda, Jan Zavadil, Vladimir Vasinek. Encapsulation of FBG sensor into the PDMS and effect on spectral and temperature characteristics // *Optics and optoelectronics*. Volume. 14, number: 4, 2016, special issue. P. 460 - 466.
6. Akmaral Tolegenova, Piotr A. Kisala, Ainur Zhetpisbayeva, Orken Mamyrbayev, Bekbolat Medetov. Experimental determination of the character-

istics of a transmission spectrum of tilted fiber Bragg gratings. *Metrol. Meas. Syst.* 2019. Vol. 26 no. 3, P. 581 - 589.

DEPENDENCE OF THE MINIMUM OF THE TRANSMISSION SPECTRUM ON THE TEMPERATURE OF TILTED FIBER BRAGG GRATING

**K.T. Kussainova, D.K. Imanmadirov, B.E. Khamzina,
K.Zh. Nauryz, A.A. Kabibulatov**

*S. Seifullin Kazakh Agro Technical University,
Nur - Sultan, Kazakhstan*

This article presents the results of a study of oblique fiber-optic Bragg gratings with tilt angles of 3 ° and 5 ° C and spectral parameters that are applied from the refractive index of the environment, namely, from an increase in temperature from 0 ° to 50 ° with a step of 5 ° C. In the course of the experiment, such characteristics were studied as: the minimum of the transmission spectrum. A linear dependence of the transmission spectrum minimum on temperature is shown. Based on the data obtained, approximations are constructed, and the linear dependences of the spectrum minimum of an inclined Bragg grating on the ambient temperature are noted. Consequently, the minimum of the inclined Bragg grating spectrum can be used as an indicator of changes in the ambient temperature.

Keywords: tilted Bragg grating, optical fiber, excimer laser, phase mask method, minimum spectrum.

УДК 004.9

PROBLEMS AND WAYS TO IMPROVE AUTOMATIC REGISTRATION AND AUTOMATIC RELEASE OF GOODS FOR CUSTOMS PURPOSES

M.A. Levchenko, D.A. Kachura

*Rostov branch of the Russian Customs Academy,
г. Rostov-on-Don, Russia*

The article considers topical issues in the development of the automatic release of goods. The problems and main directions of improving the system of automatic registration and automatic release of goods in order to optimize cus-

toms operations and customs control, simplification of customs proelectronic declaration centerures.

Keywords: information customs technologies, automation, release of goods, customs declaration, automatic release, registration.

The purpose of implementing automatic registration and automatic release technologies is to simplify customs operations. The developers of these technologies are focused primarily on achieving this goal in pursuance of the tasks envisaged in the Comprehensive Development Program of the Federal Customs Service of Russia for the period up to 2030. However, there are a number of problems that slow down the process of their development. The problems of automatic registration of the declaration of goods are presented in Table 1.

Table 1 – Problems of automatic declaration of goods registration [1]

Objective reasons for refusal of automatic registration of a declaration of goods	Subjective reasons for refusal of automatic registration of a declaration of goods
with regard to goods exported from the customs territory of the EAEU	
declaration of goods is not carried out in accordance with the customs export proelectronic declaration centerure	presence of errors in the formalization of documents confirming the powers of the declarant
the customs authority is not authorized to register a goods declaration	presence of errors in the formalization of the contract between the declarant and the customs representative
a foreign economic transaction has peculiarities: a gratuitous transaction, a transaction in which the payment is realized on account of the execution of the loan agreement, etc.	
The customs value declaration was submitted along with the goods declaration	the date of the contract of the customs representative in column 54 of the goods declaration is different from the date indicated in the formalized document, etc.
The declarant is not the shipper or the person who is responsible for financial regulation or the holder of the transaction passport, etc.	
with regard to goods imported into the customs territory of the EAEU	
the customs authority is not entitled to register a goods declaration with regard to the goods declared in it	the code of the customs authority at the border, specified in Box 29 of the declaration of goods, does not match the code of the customs authority specified in the registration number of the TD
the presence of special features of the declaration (an example would be an incomplete declaration, in which a declaration is submitted with incomplete boxes, because the declarant does not have complete information about goods, etc.)	discrepancy between the vehicle number indicated in column 18 of the goods declaration and the transit declaration or the TIR carnet
the declarant is not simultaneously the recipient and the person responsible for the financial settlement and the holder of the transaction passport, etc.	Inconsistency of details of transport documents specified in the goods declaration or TIR Carnet, etc.

The implementation of automatic release has a direct correlation with the technology of automatic customs control. Therefore, further development and

improvement of automatic release depends on improving the implementation of automatic risk profiles, the use of which involves identifying risks solely by a software tool without the help of an inspector. Despite the fact that at the end of 2020 the share of automatic risk profiles is 90 % of the total number of active risk profiles [2], the current level of information technology in customs authorities does not effectively ensure automatic risk identification.

A significant increase in the degree of automation of processes in the detection of risks is possible only through the introduction of semantic risk indicators, which allow the recognition of text elements and highlight the semantic (semantic) units of the text, significant for the detection of risk [3]. Risk profiles that contain semantic risk indicators are becoming increasingly common today. However, the degree of use of this tool in the implementation of automatic customs control in customs authorities is low. In this regard, the full automation of customs control at the stage of declaring goods is not possible without the use of semantic risk indicators, as there is a high risk of reducing the effectiveness of customs control. In this regard, it is important and relevant to improve the mechanisms that could «back up» the system of customs control in the electronic declaration. In our view, it is advisable to propose the following possible ways of implementation and development:

First, an increase in the effectiveness of risk profiles containing dynamic and statistical risk indicators that respond to the numerical fields of the declaration of goods graph is required. Such automated risk profiles allow the «filtering» of risky declaration of goods and «throw» them to the stage of verification by an official [3]. However, the negative side of this direction is that the risk profiles of this category create strict conditions for further selection of declaration of goods for the implementation of automatic release of goods. To date, the number of such risk profiles is already significant. In this regard, the danger of their use as a «safety net» mechanism for the technology of automatic release lies in the fact that they will cover a large proportion of goods, which will adversely affect the performance of the tasks of the FCS of Russia in this direction. Therefore, it is necessary to maintain a balance in the application of such an instrument - to increase, first of all, the efficiency of its application [3].

Secondly, it is necessary to increase the efficiency of customs control after the release of goods. The implementation of this direction is relevant due to the fact that the Comprehensive Program identified the need to transfer the main burden of customs control from the declaration stage to the stage after the release of goods, which is due to the need to facilitate trade, reducing the time of customs operations and at the same time ensuring the proper quality of customs control.

However, it should be noted that the effectiveness of verification measures is not as high as required by the full-scale application of automatic release. This problem can be explained by two important circumstances.

The first circumstance is the difficulty of proving that the information declared in a goods declaration is inaccurate at the post-release stage. To a greater

extent this applies to information about customs value (in other areas of control at the post-release stage, violations are often detected with the same success as at the declaration stage). This problem is due to the fact that the interaction of customs authorities with other executive authorities in the context of the integration of information resources is currently in the initial stages of development and improvement.

The second circumstance stems from the first and is as follows: Even if there are sufficiently good reasons for making a decision on the results of verification activities at the stage of release is quite acute problem of collecting debts of a participant in the foreign economic activity on payment of customs Customs duties, taxes, fines and penalties. In some cases, after the start of the inspection participants often disappear. In this regard, interaction between customs authorities and the business community is of great importance. In this connection, interaction between customs authorities and law enforcement bodies is an important area.

Thus, there are two categories of problems that hinder more The first is that the criteria for automatic registration and automatic release are classified information. The first is that the criteria for automatic registration and automatic release are classified information. As a result, when filling out a goods declaration, declarants are not able to eliminate those errors that are detected as a result of format and logical control, but do not prevent the inspector from making substantive decisions on the possibility of registering the goods declaration or the release of goods. At the same time, the officials of the In addition, the electronic declaration center officials are only partially aware of these criteria, which does not allow them The CEC officials are also only partially aware of these criteria, which prevents them from analyzing the validity of these criteria.

The second category, which naturally follows from the inability to achieve the planned targets for automatic customs operations in circumstances where the non-automatically registered goods declarations do not have grounds for refusal of registration, and the non-automatically released goods declarations can be released without additional documentary and factual control, is imperfect criteria or technology for implementing automatic registration of goods declarations and automatic release of goods.

REFERENCES

1. «Customs Code of the Eurasian Economic Union» (Appendix No. 1 to the Agreement on the Customs Code of the Eurasian Economic Union) [Electronic resource] / / Official Internet portal of legal information. URL: <http://www.pravo.gov.ru>

2. Decision of the Board of the Eurasian Economic Commission of 19.12.2017 No. 188 «On some issues related to the release of goods» [Electronic resource] // Official Internet portal of legal information. URL: <http://www.pravo.gov.ru>.

3. Sazonova T. Information system of customs should be reliable and effective for the state and invisible for business / / Journal « Customs. No. 04 [435] 2019. pp. 14-18.

ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОФОРМЛЕНИЯ И АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫПУСКА ТОВАРОВ ДЛЯ ТАМОЖЕННЫХ ЦЕЛЕЙ

М.А. Левченко, Д.А. Качура

*Ростовский филиал Российской таможенной академии,
г. Ростов-на-Дону, Россия*

В статье рассматриваются актуальные вопросы развития системы автоматического выпуска товаров. Рассмотрены проблемы и основные направления совершенствования системы автоматического оформления и автоматического выпуска товаров в целях оптимизации таможенных операций и таможенного контроля, упрощения процедур таможенного электронного декларирования.

Ключевые слова: информационные таможенные технологии, автоматизация, выпуск товаров, таможенное декларирование, автоматический выпуск, регистрация

УДК 621.7

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛИРОВАНИЯ ЗУБЬЕВ ТРИБОВ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ

А.Н. Липатов¹, Д.В. Кочетков¹, И.Н. Барин², А.В. Небылица¹

¹*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»,*

²*ПАО «Электромеханика», г. Пенза, Россия*

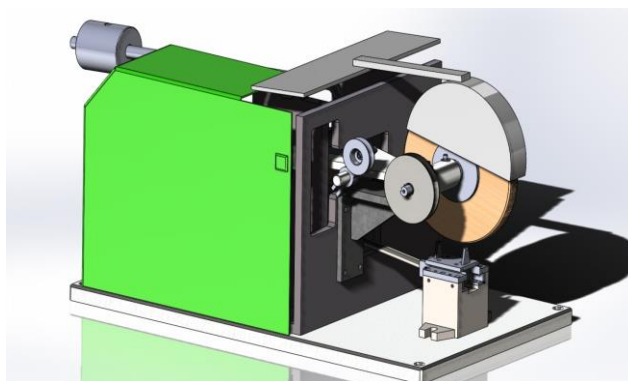
В настоящей работе приведены результаты экспериментальных исследований влияния технологии полирования зубьев трибов на шероховатость поверхности. Исследовались четыре варианта технологий выполнения операции зубополирования. Установлено, что спроектированный станок, в совокупности с рассмотренными технологиями, обеспечивает функциональные возможности, соответствующие операции полирования, а рассмотренные технологии показали свою эффективность для достижения требуемой шероховатости рабочих поверхностей зубьев трибов.

Ключевые слова: зубополирование, станок, технология, триб, полировальная паста, шероховатость, экспериментальные исследования.

В современном точном машино- и приборостроении важную роль играют финишные доводочные операции, обеспечивающие высокую чистоту рабочих поверхностей обрабатываемых деталей. К таким операциям относится и полирование, выполняемое на полировальных станках.

Зубополированные станки относятся к группе специальных станков, и, зачастую, разрабатываются для обеспечения конструкторско-технологических параметров определенного типа деталей. Процесс полирования осуществляется полировальным кругом (полировальником), имеющим профиль обрабатываемых зубьев, который изготавливается из различных материалов, таких как дуб, бук, цветные сплавы, и смазывается полировальной пастой. В результате чего происходит сглаживание микронеровностей поверхности зуба [1, 2].

На рисунке 1 представлена трехмерная сборка спроектированного зубополировального станка для обработки поверхностей зубьев детали «Триб», выполненная в CAD-программе SolidWorks [3–6].



а)

б)

Рисунок 1 – Станок специальный зубополировальный (а)
и обрабатываемая деталь «Триб» (б)

В настоящей работе приведены результаты экспериментальных исследований влияния технологии полирования зубьев трибов на шероховатость поверхности. Исследовались четыре варианта технологий выполнения операции зубополирования: 1) полировальный круг (материал – дуб) + паста (эльборовая «ЛМ 40/28 НОМГ»); 2) полировальный круг (материал – дуб) + паста (разработанный состав); 3) полировальный круг (материал – бук) + паста (эльборовая «ЛМ 40/28 НОМГ»); 4) полировальный круг (материал – бук) + паста (разработанный состав). Шероховатость рабочих поверхностей зубьев трибов после операции полирования должна быть не более – $Ra\ 0,8\ \mu m$. Исследования проводились на базе предприятия ПАО «Электромеханика».

При проведении экспериментальных исследований использовались стандартные и поверенные средства измерения и оборудование. Образцы деталей, предназначенные для экспериментальных исследований, измерялись на двойном инструментальном микроскопе типа МИС-11 (рисунок 2), осуществлялся контроль шероховатости поверхности зубьев трибов до операции зубополирования и после.



Рисунок 2 – Общий вид двойного инструментального микроскопа МИС-11

Двойной микроскоп предназначен для визуальной оценки, измерения и фотографирования высоты неровностей наружных поверхностей деталей, принцип действия основан на методе светового сечения. В таблице 1 приведены характеристики сменных объективов к микроскопу МИС-11.

Таблица 1 – Характеристики сменных объективов к двойному инструментальному микроскопу МИС-11

Параметр объектива	Сменный объектив			
	ОС-39	ОС-40	ОС-41	ОС-42
Фокусное расстояние, дптр	25	13,89	8,16	4,25
Апертура, дптр	0,13	0,3	0,37	0,5
Увеличение, крат	5,9	10,5	18	34,5
Общее увеличение, крат с МОВ-1 х 15	87	157	270	517
Линейное поле зрения, мм	2	1,08	0,67	0,33
Пределы измерения высот неровностей, мкм	6,3–62,5	3,2–18,7	1,6–10	0,8–3,2
Цена деления барабана МОВ при измерении, мкм: – высот неровностей – шагов неровностей	0,82 – 0,86 1,16 – 1,22	0,450 – 0,474 0,636 – 0,67	0,269 – 0,285 0,38 – 0,403	0,139 – 0,145 0,197 – 0,205
Допускаемая погрешность, %	7,5 – 13,5	10,5 – 18	13,5 – 21	21 – 24

Для проведения экспериментальных исследований было отобрано 4 партии по 10 образцов деталей трибов с числом зубьев – 64 и модулем – 0,16 мм, имеющих шероховатость рабочих поверхностей зубьев, после предыдущей операции – фрезерование, в диапазоне от Ra 1,23 мкм до Ra 1,26 мкм.

В таблице 2 представлены физико-механические характеристики полировальных кругов из дуба и бука.

Таблица 2 – Физико-механические характеристики
полировальных кругов из дуба и бука

Характеристики	Параметры полировального круга:	
	дуб	бук
Плотность, кг/м ³	570...690	550...680
Объемный вес, кг/м ³	700...800	670...780
Предел прочности, МПа	55,9	53
Модуль упругости, ГПа	12,2	14,1
Твердость:		
– торцевая, Н/мм ²	57,3	65,1
– радиальная, Н/мм ²	48,2	53,2
– тангенциальная, Н/мм ²	52,8	49,5

В качестве абразивного компонента применялись: паста эльборовая «ЛМ 40/28 НОМГ», приобретенная в специализированном магазине (известный состав пасты) и паста, изготовленная на заводе ПАО «Электромеханика» – разработанный состав (см. таблицу 3).

Таблица 3 – Разработанный состав пасты заводом
ПАО «Электромеханика»

Компонент	Доля компонента в составе, %
Шлифовальный порошок	76
Олеиновая кислота	11
Парафин	X
«X»	X
Примечание: В графе «Компонент» и «Доля компонента в составе» – значком X обозначена информация содержащая коммерческую тайну предприятия (№ 98-ФЗ от 29 июля 2004 г.).	

В таблице 4 представлены результаты экспериментальных исследований влияния технологии полирования зубьев трибов на шероховатость поверхности.

Таблица 4 – Результаты экспериментальных исследований влияния технологии полирования зубьев трибов на шероховатость поверхности

Вариант технологий выполнения операции зубополирования:							
1 вариант		2 вариант		3 вариант		4 вариант	
Полировальный круг (материал – дуб)				Полировальный круг (материал – бук)			
T≈340				T≈460			
Паста полировальная эльборовая «ЛМ 40/28 НОМГ»		Паста, изготовленная на заводе ПАО «Электромеханика» – разработанный состав		Паста полировальная эльборовая «ЛМ 40/28 НОМГ»		Паста, изготовленная на заводе ПАО «Электромеханика» – разработанный состав	
Количество образцов, шт	Шероховатость Ra, мкм	Количество образцов, шт	Шероховатость Ra, мкм	Количество образцов, шт	Шероховатость Ra, мкм	Количество образцов, шт	Шероховатость Ra, мкм
6	0,7	4	0,8	5	0,74	2	0,82
3	0,72	3	0,79	2	0,73	3	0,76
1	0,73	2	0,77	2	0,7	2	0,78
–	–	1	0,75	1	0,76	1	0,79
–	–	–	–	–	–	1	0,74
–	–	–	–	–	–	1	0,73
Примечание. Т – число двойных ходов, совершенное приспособлением с обрабатываемой деталью, в ходе проведения эксперимента.							

Анализ данных таблицы 4 показывает, что разница между применяемыми при полировании составами паст (эльборовая «ЛМ 40/28 НОМГ» или разработанный состав на заводе ПАО «Электромеханика») в зависимости от получаемой шероховатости поверхности составляет в среднем 5 – 10 %. Однако стоимость пасты, разработанной на предприятии, на 45 % ниже по сравнению с пастой эльборовая «ЛМ 40/28 НОМГ».

Применение полировального круга из бука, по сравнению с полировальным кругом из дуба, приводит к увеличению на 25 – 35 % числа двойных ходов совершаемых приспособлением с обрабатываемой деталью до получения поверхностей требуемого качества. Несомненно, увеличение

числа двойных ходов ведет к увеличению времени обработки, однако с учетом годового производства и в первую очередь с себестоимостью материалов полировальных кругов и их технологий изготовления – экономический эффект существенен.

Для построения и вывода более детальных закономерностей, в рамках выполняемых исследований, требуется проведение дополнительных экспериментальных исследований. Однако уже полученные результаты позволяют сделать основной вывод, что спроектированный станок, в совокупности с рассмотренными технологиями, обеспечивает функциональные возможности, соответствующие операции полирования.

Таким образом, рассмотренные технологии показали свою эффективность в обеспечении требуемой шероховатости рабочих поверхностей зубьев трибов.

Список использованных источников

1. Металлорежущие станки: учебник. В 2 т. / Т.М. Аврамова, В.В. Бушуев, Л.Я. Гиловой и др.; под ред. В.В. Бушуева. Т. 1. – Москва: Машиностроение, 2011. – 608 с.

2. Металлорежущие станки: учебник. В 2 т. / В.В. Бушуев, А.В. Еремин, А.А. Какойло и др.; под ред. В.В. Бушуева. Т. 2. – Москва: Машиностроение, 2011. – 586 с.

3. Кочетков, Д.В. Технологическое обеспечение прочности и жесткости резьбовых соединений при сборке с применением анаэробных материалов: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук (специальности: 05.02.08 – Технология машиностроения; 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры) / Д.В. Кочетков / Пензенский государственный университет. – Пенза: 2010. – 210 с.

4. Воячек, И.И., Кочетков Д.В. Экспериментальные исследования статической прочности резьбовых соединений при сборке с анаэробными материалами / Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2014. – № 2 (10). – С. 135–139.

5. Воячек, И.И., Кочетков Д.В., Митясов С.Г. Технология избирательного упрочнения соединений с натягом при действии изгибающей нагрузки / Системы проектирования, моделирования, подготовки производства и управление проектами CAD/CAM/CAE/PDM : сборник статей IX Международной научно-практической конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2015. – С. 9–14.

6. Воячек, И.И., Кочетков Д.В. Исследование распределения осевой нагрузки по виткам в резьбовом соединении типа стяжки / Системы проектирования, моделирования, подготовки производства и управление проектами CAD/CAM/CAE/PDM : сборник статей X Международной научно-практической конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2016. – С. 4–8.

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE TECHNOLOGY OF POLISHING THE TEETH OF TRIBES ON THE ROUGHNESS OF THE SURFACE

A.N. Lipatov¹, D.V. Kochetkov¹, I.N. Barinov², A.V. Nebylitsa¹

¹*Penza State University, Penza, Russia,*

²*PAO «Elektromekhanika», Penza, Russia*

This paper presents the results of experimental studies of the influence of the technology of polishing the teeth of the tribes on the surface roughness. Four variants of technologies for performing the gear polishing operation were investigated. It was found that the designed machine, in conjunction with the technologies considered, provides functionality corresponding to the polishing operation, and the technologies considered have shown their effectiveness in achieving the required roughness of the working surfaces of the teeth of the tribes.

Keywords: gear polishing, machine, technology, trib, polishing paste, roughness, experimental research.

УДК 621.924.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕНТРОБЕЖНО-РОТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ СМЕННЫХ МНОГОГРАННЫХ ПЛАСТИН РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПО СХЕМЕ «В ЕМКОСТЯХ»

А.В. Липов, Д.В. Кочетков, В.А. Липов

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»,
г. Пенза, Россия*

В статье приведены результаты экспериментального исследования центробежно-ротационной обработки (ЦРО) сменных многогранных пластин (СМП) режущего инструмента по схеме «в емкостях». Предложено зависимость для определения радиуса округления режущих кромок получать с использованием метода математического планирования экспериментов. Экспериментально определены постоянные и переменные факторы, влияющие на процесс обработки, а так же диапазоны их изменения.

Ключевые слова: сменные многогранные пластины, абразивный наполнитель, центробежно-ротационная обработка, радиус округления режущих кромок.

СМП режущего инструмента из твердого сплава в настоящее время находят все большее применение при механической обработке, в виду своих значительных достоинств [1]. Однако, твердосплавной инструмент, из-за хрупкости материала, склонен к появлению сколов и выкрашиваний на его режущих кромках, особенно в условиях прерывистого и чернового резания. Появление таких дефектов происходит из-за превышения напряжений в режущем клине за пределы допустимых значений и может привести к браку пластин.

Одним из способов повышения прочности режущего клина твердосплавного инструмента является округление его режущих кромок [2]. В связи с этим в ГОСТ 19086-80 Пластины сменные многогранные твердосплавные предусмотрена виброабразивная обработка всех СМП, кроме пластин из твердого сплава марки Т30К4, для округления их режущих кромок. При этом, рекомендуемая величина радиуса округления зависит от материала и диаметра вписанной окружности СМП. При такой обработке СМП также снижается шероховатость опорных и режущих поверхностей пластин. Однако, значительная длительность виброабразивной обработки, для получения требуемых параметров СМП, часто становится неприемлемой, особенно в производственных условиях.

В работах [3,4] для отделочно-зачистной обработки СМП предложено применять ЦРО по схема «внавал» пластин и абразивного наполнителя в рабочей камере центробежно-ротационного станка (ЦРС), при которой в 5..10 раз повышается производительность, по сравнению с виброабразивной обработкой деталей из различных материалов [5].

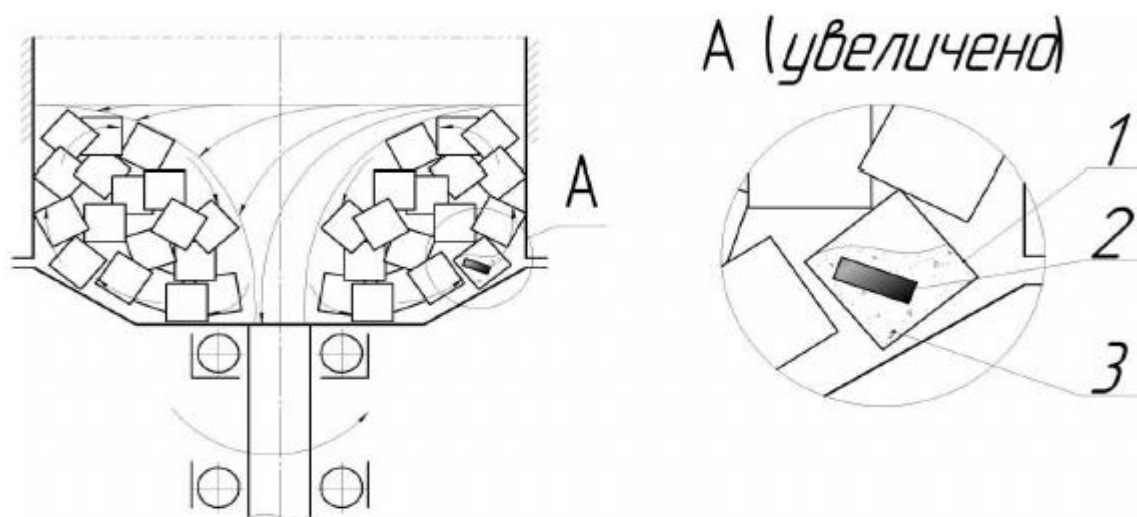


Рисунок 1 – Схема обработки СМП по схеме «в емкостях»

Однако при такой схеме ЦРО СМП, из-за значительных усилий воздействия абразивного наполнителя и возможных столкновений пластин между собой, при определенных режимах и условиях обработки, на их ре-

жущих кромках появляются сколы и выкрашивания, что может привести к браку изделия.

В работе [6] приведены результаты предварительных экспериментальных исследований ЦРО СМП по схеме «в емкостях», при которой снижаются усилия воздействия абразивного наполнителя и исключается возможность столкновений пластин между собой, что позволяет избежать вышеуказанного брака изделий.

При ЦРО по данной схеме (рисунок 1) абразивный наполнитель 1 и СМП 2 загружаются вместе с рабочей жидкостью 3 в емкости кубической формы, которые затем размещаются в рабочей камере ЦРС, образованной неподвижной обечайкой и вращающимся ротором. Обработка по схеме «в емкостях» обеспечивается при создании тороидально-винтового потока из емкостей.

Экспериментальные исследования проводились на пластинах WNUM-1206 12 из твердого сплава ВК8, которые вместе с абразивным наполнителем и рабочей жидкостью, в виде 5 % раствора средства «Флайт-2» (ТУ 2383-004-5372 1969-00), загружались в кубические емкости с ребром равным 0,15 м. В качестве абразивного наполнителя использовались фарфоровые шары диаметром 3 мм, цилиндры на керамической основе с размерами 0,5x3 мм и чечевица. Емкости, загруженные на 0,5 от их объема, в количестве 30 штук, размещались в рабочей камере ЦРС с объемом 50 л и частотой вращения ротора 220 мин⁻¹. Радиус округления режущих кромок контролировался на микроскопе модели ММИ-2, а шероховатость поверхностей СМП – на профилографе-профилометре модели 201.

Исследованиями установлено, что при обработке СМП в течении 60 мин величина радиуса округления увеличивается. При этом наибольшее увеличение наблюдалось при обработке в среде фарфоровых шаров. Шероховатость рабочих поверхностей пластин в первые 20 мин ЦРО повышается с Ra 0,11..0,13 до Ra 0,27...0,30, а затем медленно снижается до первоначальных значений. Время проведения ЦРО по схеме «в емкостях» увеличивается по сравнению с обработкой по схеме «внавал» на 10..15 %. При размещении одной пластины в емкости сколов и выкрашиваний на режущих кромках не наблюдается.

Учитывая сложность процесса ЦРО СМП по схеме «в емкостях», для получения зависимости по расчету радиуса округления режущих кромок пластин от режимов и условий обработки предложено использовать метод математического планирования экспериментов со статистической обработкой результатов. При этом необходимо определить количество переменных факторов, провести учет их взаимодействий и нелинейности. Кроме того, необходимо провести фиксацию части факторов на некоторых оптимальных значениях. Для оценки величин этих постоянных были проведены

предварительные экспериментальные исследования в ходе которых также определялись диапазоны изменения каждого переменного фактора.

К режимам обработки следует отнести частоту вращения ротора ЦРС и время обработки для достижения требуемого радиуса округления режущих кромок СМП, а к условиям обработки - диаметр и объем рабочей камеры ЦРС, длину ребра кубической емкости, соотношение объемов обрабатываемых пластин и абразивного наполнителя, вид абразивного наполнителя и рабочей жидкости, номенклатуру обрабатываемых СМП, степень заполнения рабочей камеры ЦРС и емкостей.

Экспериментально установлено, что для ЦРС с диаметром рабочей камеры 425мм и объемом 50 л частоту вращения ротора следует изменять в диапазоне от 130 до 220 мин-1, а время обработки – от 40 до 60 мин. При частоте вращения ротора менее 130 мин-1 обработка практически не происходит, а при частоте более 220 мин-1 перемещение емкостей в рабочей камере ЦРС становится непредсказуемым. Выбранный промежуток времени ЦРО позволяет получать необходимые радиусы округления режущих кромок значительной номенклатуры СМП. Длину ребра кубической емкости следует принимать в пределах от 0,14 до 0,17 м, степень ее заполнения – постоянной величиной равной 0,5 от ее объема, а соотношение объемов обрабатываемых пластин и абразивного наполнителя – 0,04. Степень заполнения рабочей камеры ЦРС определяется количеством емкостей и независимо от их размеров составляет 30 штук. Качественные показатели условий проведения ЦРО (вид абразивного наполнителя и рабочей жидкости, номенклатура обрабатываемых СМП) в таких случаях учитываются коэффициентами, характеризующими режущую способность абразивного наполнителя, обрабатываемость твердого сплава и влияние применяемой рабочей жидкости на интенсивность обработки.

Предлагаемая схема ЦРО СМП «в емкостях» позволяет не только обрабатывать их без брака, в виде сколов и выкрашиваний на их режущих кромках, но и расширить ее технологические возможности: в каждую емкость можно загружать различные пластины и абразивный наполнитель. При этом время загрузки емкостей совмещается с временем обработки.

Список использованных источников

1. Кожевников, Д.В. Резание материалов: учебник для вузов / Д.В. Кожевников С.В. Кирсанов. – 2-е изд., Москва: Машиностроение, 2012. – 304 с.
2. Сборный твердосплавной инструмент/ Г.Л. Хаеа, В.М. Гах, и др.; под общ. ред. Г.Л. Хаеа – Москва: Машиностроение, 1989. – 256 с.

3. Нырков, Н.Н. Совершенствование технологии объемной финишной обработки неперетачиваемого твердосплавного инструмента: дис. на соиск. ученой степени канд. техн. наук: 05.02.08. – Пенза, 1999. – 176 с.

4. Липов, А.В. Центробежно-ротационная обработка сменных многогранных пластин режущего инструмента / А.В. Липов, Н.Н. Нырков // Проблемы исследования и проектирования машин. Новые химические технологии, защитные и специальные покрытия: производство и применение: сб. ст. по материалам XII Междунар. научно-техн. конф. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2019. – с. 6 – 11.

5. Трилисский, В.О. Повышение эффективности отделочно-зачистных операций путем создания теории, оборудования и технологии объемной центробежно-ротационной обработки деталей: дис.на соиск. ученой степени доктора техн. наук: 05.02.08. – Москва, 1992. – 259с.

6. Липов, А.В. Особенности центробежно-ротационной обработки сменных многогранных пластин режущего инструмента/ А.В. Липов, П.Г. Павловский, В.А. Липов// Инновации технических решений в машиностроении и транспорте: сб. мат. VI Всерос. научно-техн. конф. – Пенза: РИО ПГАУ, 2020. – с. 100-102.

RESEARCH OF CENTRIFUGAL-ROTARY MACHINING OF REPLACEABLE MULTI-FACE CUTTING TOOL PLATES ON THE SCHEME «IN TANKS»

A.V. Lipov, D.V. Kochetkov, V.A. Lipov

*Penza State University,
Penza, Russia.*

The article presents the results of an experimental study of centrifugal-rotary machining (CRM) of carbide replaceable polyhedral inserts (MMP) of the cutting tool according to the «in containers» scheme. A dependence for determining the radius of rounding of cutting edges and the roughness of working surfaces is proposed to be obtained using the method of mathematical planning of experiments with statistical processing of their results. Constant and variable factors influencing the processing process, as well as the ranges of their change, have been experimentally determined.

Keywords: replaceable multi-faceted inserts, abrasive filler, centrifugal rotary machining, radius of rounding of cutting edges.

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ УСТРОЙСТВА ПЛАЗМЕННОЙ МОДИФИКАЦИИ В ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

В.Ю. Лушина, Г.А. Кошкин, В.В. Кикот

*Научно-исследовательский институт физических измерений,
г. Пенза, Россия*

Рассмотрены результаты использования устройства плазменной модификации при изготовлении пробной партии пьезокерамических элементов. Приведены сведения о результатах контроля электрофизических характеристик пробной партии, в том числе подтверждающие повышение прочности сцепления металлизации с поверхностью элементов.

Ключевые слова: пьезокерамический элемент, металлизация, покрытие, краевой угол смачивания, усилие отрыва, холодная плазма, модификация.

Вне зависимости от выполняемых функций пьезокерамический элемент представляет собой твердое тело заданной формы и размеров, на поверхность которого нанесено токопроводящее покрытие. Выбор материала элемента, материала и конфигурации электродов, технологии изготовления элемента зависят от его функционального назначения и условий эксплуатации. Общим для элементов является требование к прочности сцепления металлизации (электродов) с поверхностью элемента. Формирование электродов вжиганием металлизационной пасты позволяет получать относительно прочные покрытия заданной толщины. Важным фактором, который влияет на прочность сцепления металлизации с поверхностью элемента, является качество подготовки поверхности, в том числе ее очистка. Очистка производится промывкой и отжигом при температуре свыше 500 °С для удаления летучих и органических загрязнений [1].

Модификация с использованием холодной атмосферной плазмы является перспективным способом очистки и активации поверхности элементов перед металлизацией. Поверхность элемента модифицируется путем обработки факелом холодной плазмы, получаемой из инертного газа и выдуваемой из горелки буферным (транспортным) газом. Взаимодействие активных частиц плазмы с поверхностью элемента изменяет рельеф поверхности и ее химические свойства. Также производится очистка поверхности, в том числе улучшение ее смачиваемости. Длина факела регулируется изменением электрического напряжения, расходом и давлением газовой смеси, температура факела задается в диапазоне от 25 до 80 °С.

Модификация поверхности элементов перед металлизацией содержит следующие этапы: подготовка поверхности; контроль краевого угла смачивания; подготовка оборудования; выбор режима плазменной модификации и модификация; контроль краевого угла смачивания.

При исследовании применимости плазменной модификации для изготовления элементов пьезокерамическим производством АО «НИИФИ» использовалось одноэлектродное устройство, конструкция которого приведена на рисунке 1. Устройство состоит из корпуса с внутренним диаметром сопла 1 мм. В горелку подается аргон при контролируемой скорости потока от 0,2 до 2,5 л / мин. Хром-никелевый проводник толщиной 3 мм с толщиной наконечника 0,65 мм установлен по оси корпуса горелки и является высоковольтным электродом [2].

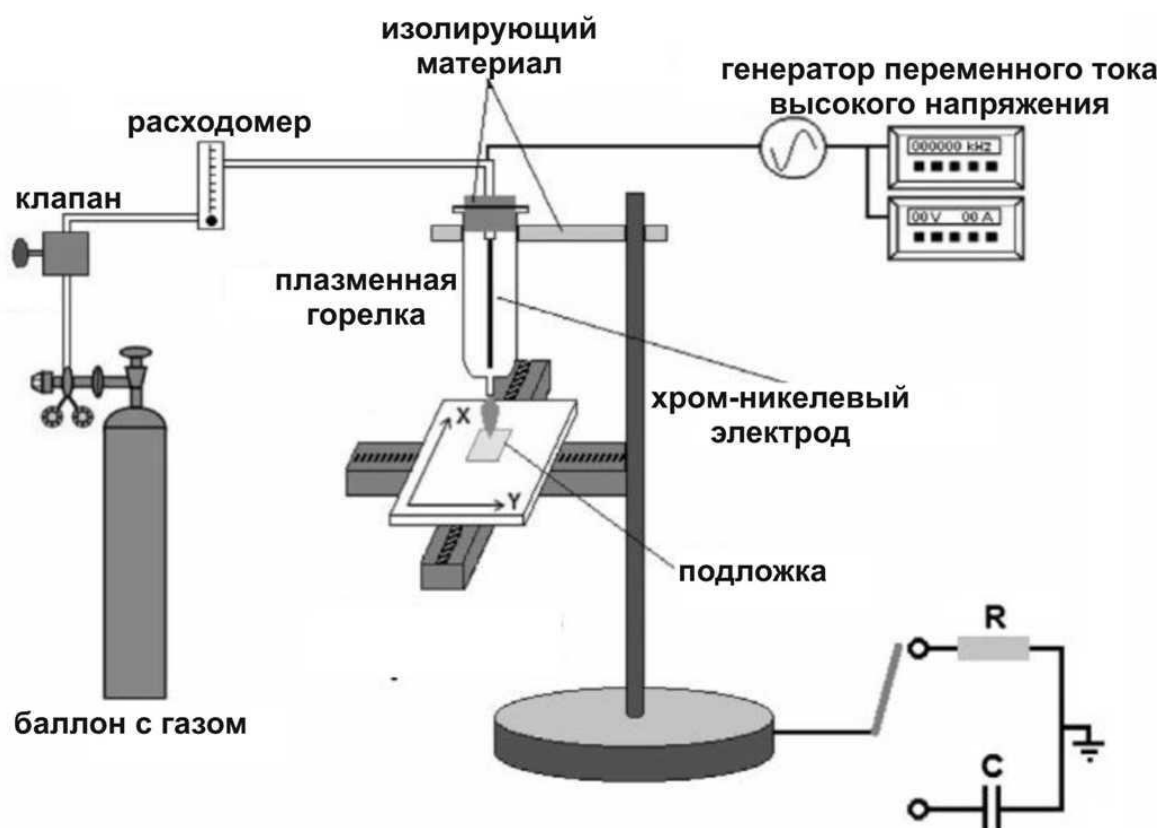


Рисунок 1– Устройство плазменной модификации материалов

Расстояние между наконечником электрода и входом в сопло составляет около 2 мм. Устройство установлено вертикально с использованием диэлектрической опоры. Металлическая платформа (20 × 20) см, закреплена на координатном столе, подложка расположена под соплом горелки и действует как заземляющий электрод. Источник высокого напряжения генерирует высокое напряжение переменного тока (до 24 кВ от пика до пика) в диапазоне частот 20 - 40 кГц. Делитель высокого напряжения и последовательный резистор на 10 Ом используются для контроля приложен-

ного электрического напряжения и тока разряда. Падение напряжения на последовательном конденсаторе 10 нФ пропорционально переданному заряду. Сигналы отображаются на цифровом осциллографе [2].

В результате изготовления пробной партии элементов ($30 \times 4 \times 0,5$) мм в количестве 10 шт. опытным путем установлены следующие значения параметров технологических режимов плазменной модификации: соотношение компонентов газовой смеси: аргон – 80 %; гелий – 20 %; расход газовой смеси: 6 л/мин; расстояние до поверхности элементов: 20 мм; скорость модификации: $0,5 \text{ см}^2/\text{с}$; количество циклов модификации: 2.

При использовании плазменной модификации в процессе изготовления пробной партии элементов получены результаты, приведенные в таблице 1. Измерение краевого угла смачивания произведено с использованием тензиометра «Krüss K100C».

Таблица 1 – Результаты измерения краевого угла смачивания поверхности элементов

Номер элемента	До модификации	После модификации	Отличие углов смачиваемости, %
1	71,2	24,1	66,15
2	74,3	22,8	69,31
3	76,5	25,9	66,14
4	78,8	27,2	65,48
5	72,2	24,3	66,34

После измерения краевого угла смачивания на поверхности элементов путем нанесения и последующего вжигания серебросодержащей пасты сформированы электроды. Элементы поляризованы в постоянном электрическом поле напряженностью 1,5 кВ, искусственно состарены в течение 2 ч при температуре 150 °С и выдержаны при комнатной температуре в течение 14 суток.

Полученные значения электрофизических характеристик и усилия отрыва металлизации (электрода) от поверхности элемента приведены в таблице 2. Электрофизические характеристики элементов измерены в соответствии с ОСТ 11 0444-87. Усилие отрыва покрытия определено подвешиванием поверенных грузов к припаянному к покрытию элемента проводу.

Таблица 2 – Значения электрофизических характеристик и усилия отрыва металлизации

Номер элемента	Плазменная модификация	Тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$	Диэлектрическая проницаемость ϵ_3/ϵ_0	Пьезомодуль d_{33} , пКл/Н	Усилие отрыва покрытия, гс/мм ²
1	да	0,0159	1906	470	650
2	да	0,0174	1885	460	550
3	да	0,0157	1868	470	600
4	да	0,0167	1922	459	650
5	да	0,0156	1960	485	600
6	нет	0,0159	1894	485	400
7	нет	0,0152	1847	477	450
8	нет	0,0172	1912	468	400
9	нет	0,0159	1902	480	400
10	нет	0,0161	1874	472	450

При анализе результатов измерений, приведенных в таблице 2, установлено, что при плазменной модификации поверхности элемента до металлизации минимальное усилие отрыва покрытия повысилось не менее чем на 22,2 % (с 450 до 550 гс/мм²). Изменений (ухудшения) электрофизических характеристик элементов из-за использования плазменной модификации не выявлено.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ результатов изготовления пробной партии пьезокерамическим производством АО «НИИФИ», показал, что следствием плазменной модификации является существенное улучшение смачиваемости поверхности заготовки пьезокерамического элемента перед формированием электродов (в частности угол краевого угла смачивания меняется не менее чем на 65 %), а также увеличение не менее чем на 22,2 % прочности сцепления электрода с поверхностью пьезоэлемента.

Список использованных источников

1. Глозман, И.А. Пьезокерамика / И. А. Глозман. - 2-е изд., перераб. – Москва : Энергия, 1972. – 288 с.
2. Kostov, K.G. Surface modification of polymeric materials by cold atmospheric plasma jet / K.G. Kostov, T.M.C. Nishime, A.H.R. Castro, A. Toth, L.R.O. Hein // Applied Surface Science 314 (2014). С. 367–375.

TO THE QUESTION OF A PLASMA MODIFICATION DEVICE APPLICATION IN THE MANUFACTURING PIEZOCERAMIC ELEMENTSTECHNOLOGY

V.Y. Lyshina, G.A. Koshkin, V.V. Kikot

*Research Institute for Physical Measurements,
Penza, Russia*

The results of using a plasma modification device in the production of a test batch of piezoceramic elements are considered. The data on the results of the control of the electrophysical characteristics of the test batch, including those confirming the increase in the adhesion strength of the metallization to the surface of the elements, are presented.

Keywords: piezoceramic element, metallization, coating, contact angle, breakaway teaching, cold plasma, modification.

УДК 697

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПАРОВОЙ КОТЕЛЬНОЙ С КОТЛАМИ ДЕ-25-14 В МИНИ-ТЭЦ НА БАЗЕ ПАРОВИНТОВЫХ ТУРБИН

Д.Н. Мокеров

*Российский университет транспорта (МИИТ),
г. Москва, Россия*

В работе рассматривается реконструкция паровой котельной с котлами ДЕ-25-14 в мини-ТЭЦ на базе паровинтовых турбин. Выделены основные преимущества паровинтовых турбин. Рассмотрена методика расчета паровинтовой турбины.

Ключевые слова: котельная, мини-ТЭЦ, паровинтовая турбина, процесс расширения пара.

Одной из современных тенденций в теплоэнергетике является переход от централизованных систем теплоснабжения к энергообеспечению от мини-ТЭЦ. Таким системы позволяют обеспечить потребителя автономно как тепловой, так и электрической энергией, при этом существенно сократить затраты на энергоресурсы.

Технологические установки, как правило, потребляют пар с давлением 0,3-0,6 МПа, в то время как рабочее давление парогенераторов составляет 1,4 МПа. Снижение давления пара в редукционных установках не соответствует современным требованиям к энергоэффективности произ-

водств, т.к. энергию расширения пара можно использовать для получения дополнительной электроэнергии.

Отказ от редуцирования пара в редукционных установках в пользу микротурбин возможен посредством установки лопаточных турбин малой мощности с противодавлением или винтовых турбин.

Паровинтовые машины – это безлопаточные паровые турбины с противодавлением, рабочими элементами которых являются ведущий и ведомый винты (шнеки).

Основными достоинствами данного типа паровых двигателей являются [1]:

1) способность работать на влажном паре, в то время как при влажности пара менее 0,85 требуются специальные материалы для изготовления лопаточного аппарата турбин;

2) сравнительно небольшие габариты;

3) низкий уровень вибраций;

4) начальный объем равен нулю, нет «мертвого объема» и дополнительных энергетических потерь, в отличие от поршневых турбодетандеров.

Произведем подбор паровинтовых машин для паровой котельной с тремя котлами ДЕ-25-14 и расходом пара на технологические нужды 50 т/ч. Давление пара, потребляемого технологическими установками $p=0,6$ МПа. Принимаем к установке 2 паровинтовые турбины ПВМ-750 со следующими техническими характеристиками [2]:

– расход пара 25 т/ч;

– давление пара на входе 1,4 МПа;

– температура пара на входе (температура на выходе из котлов) – 195 °С;

– давление пара на выходе 0,6 МПа;

– электрическая мощность 750 кВт;

– коэффициент полезного действия 0,7.

Простейшая схема реконструкции котельной с тремя котлами ДЕ-25-14 в мини-ТЭЦ на базе паровинтовых машин представлена на рис.1.

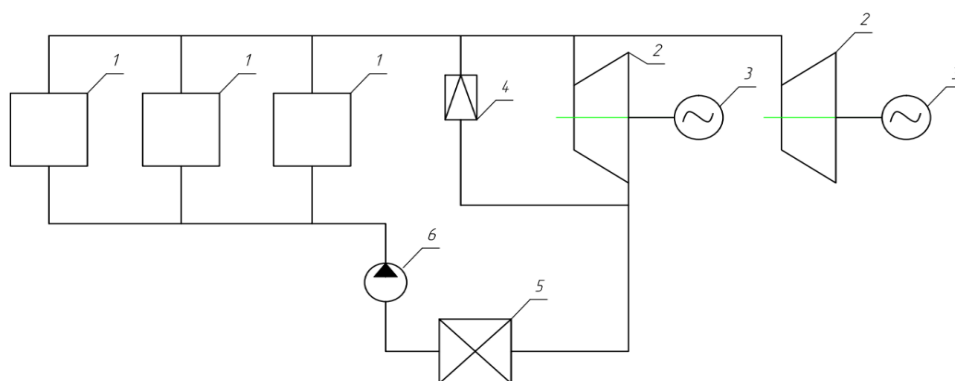


Рисунок 1 – Схема реконструкции котельной с тремя котлами ДЕ-25-14 в мини-ТЭЦ на базе паровинтовых машин:
1 – котельный агрегат ДЕ-25-14; 2 – паровинтовая машина ПВМ-750; 3 – электрогенератор;

4 – существующая РОУ (выводится в резерв);

5 – технологическая установка; 6 – возврат конденсата.

Существующая редуциционно-охладительная установка на данной схеме выводится в резерв.

При работе паровинтовой машины соприкосновение канавок ведущего и ведомого винтов создает четыре парные полости, объем которых постоянно изменяется, в результате чего пар расширяется порциями.

Идеальный цикл паровинтовой машины представлен на рисунке 2.

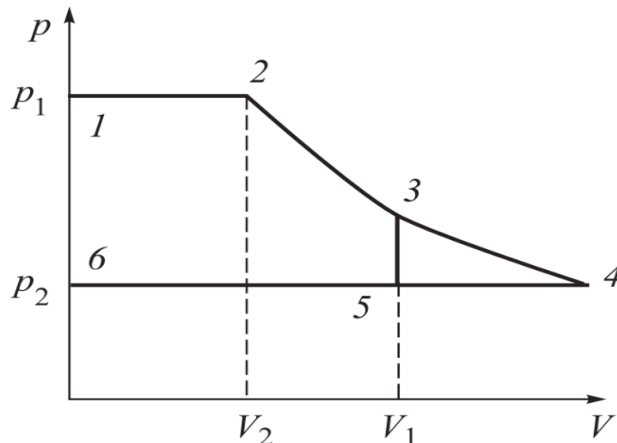


Рисунок 2 – Идеальный цикл паровинтовой машины [2]

На рисунке 2 представлены следующие процессы:

1-2 – заполнение парных полостей паром через впускной патрубок;

2-3 – объемное расширение порции пара после отсечки парных полостей от впускного окна гребнями ведущего и ведомого винтов;

3-4 – снижение давления до давления на выходе p_2 при соединении парных полостей с выпускным патрубком в точке 3;

5-6 – уменьшение объема до нуля, вытеснение пара из ПВМ при $p_2 = \text{const}$.

Как известно, отличие реального цикла паровинтовой машины от идеального обусловлено наличием следующих видов энергетических потерь:

- потери при дросселировании пара при впуске: давление во впускном окне меньше давления пара, поступающего на ПВМ;

- тепловые потери через стенки парных полостей: данные потери существенно меньше при расширении перегретого пара, т.к. теплопроводность пара в разы меньше теплопроводности конденсата, которых образуется из влажного пара;

- утечки пара через зазоры и уплотнения, особенно по линии контакта ведущего и ведомого винтов;

- неполное расширение, характеризуемой площадью S_{3-4-5} (рис.2.3).

Реальный процесс расширения является политропным с отводом теплоты.

Основными режимными параметрами паровинтовой машины, которые изменяются в процессе управления машиной, являются:

- частота вращения n , об/мин;
- давление пара на входе в ПВМ p_1 , МПа;
- давление пара на выходе из ПВМ p_2 , МПа;
- температура пара на входе в ПВМ t_1 , °С;
- температура пара на выходе из ПВМ t_2 , °С;
- расход пара G , кг/с;
- мощность на клеммах генератора $N_{эл}$, кВт.

По заданным начальным температуре t_1 и давлению p_1 пара определяется начальная энтальпия h_1 . Для паровой котельной с паровыми котлами ДЕ-25-14, производящими пар с параметрами $p_1=1,4$ МПа $t_1=195^\circ\text{C}$, получим $h_1=2788,4$ кДж/кг [3].

Удельный объем пара в точке 1 составит $V_1=0,14072$ м³/кг.

Точка состояния пара на выходе из машины определяется по h - s диаграмме на пересечении изобары давления на выходе из турбины и изоэнтальпы $h_2=h_{п}$.

Таким образом, теплоперепад для идеального адиабатного процесса определяется по формуле [3]:

$$h_o = h_1 - h_{2ад}, \quad (1)$$

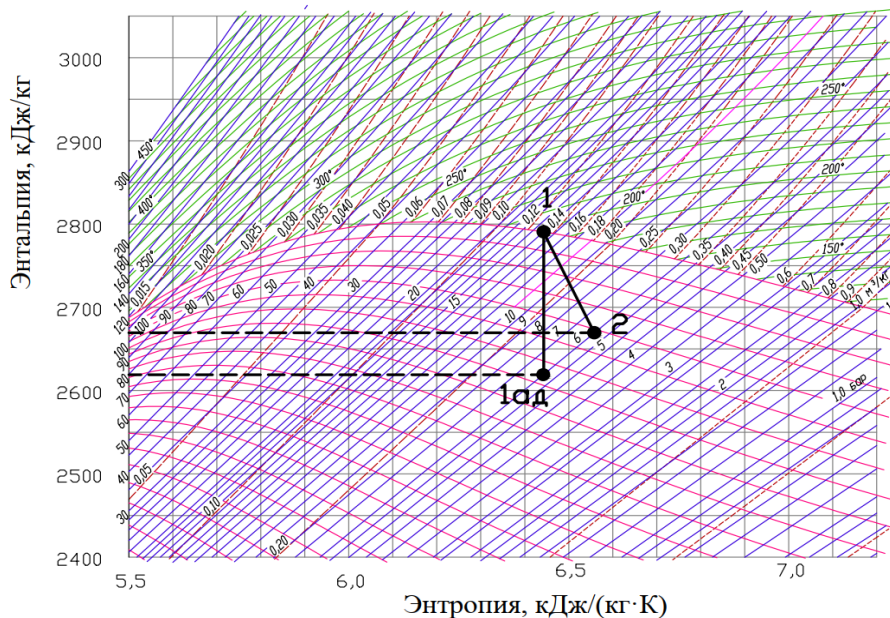


Рисунок 3 – Определение расчетных энтальпий по h - s диаграмме

Согласно h - s диаграмме (рис.3), пересечение изобары $p=0,6$ МПа с изоэнтропой $s=\text{const}$ из точки 1 дает энтальпию $h_{2ад} = 2619$ кДж/кг.

Тогда

$$h_o = 2788,4 - 2619 = 169,4 \text{ кДж/кг.}$$

Индикаторный коэффициент полезного действия паровинтовой машины – это отношение индикаторной мощности и мощности при идеальном расширении:

$$\eta_{oi} = \frac{N_i}{G(h_1 - h_{ад})}, \quad (2)$$

где N_i – индикаторная мощность;

G – расход пара, кг/с.

Принимая $\eta_{oi} = 0,7$ согласно рекомендациям производителя, получим:

$$N_i = \eta_{oi} \cdot G \cdot h_o \quad (3)$$

$$N_i = 0,7 \cdot \frac{25}{3,6} \cdot 169,4 = 823,5 \text{ кВт}$$

Механические потери на трение в паровинтовой машине возникают:

- в четырех опорных подшипниках скольжения;
- в двух упорных подшипниках скольжения (качения);
- в восьми уплотнительных кольцах в торцовых уплотнениях;
- в четырех гидравлических затворах в торцовых уплотнениях;
- в синхронизирующем зубчатом колесе.

Механические потери оцениваются посредством механического коэффициента полезного действия [5]:

$$\eta_{мех} = 1 - \frac{N_{тр}}{N_i}, \quad (4)$$

Принимая $\eta_{oi} = 0,93$ согласно рекомендациям производителя, получим:

$$N_{тр} = N_i(1 - \eta_{мех}) \quad (5)$$

$$N_{тр} = 823,5 \cdot (1 - 0,93) = 57,6 \text{ кВт}$$

В общем случае индикаторная мощность может быть представлена как [5]:

$$N_i = \frac{N_{эл}}{\eta_{эл}} + N_{тр}, \quad (6)$$

где $\eta_{эл}$ – коэффициент полезного действия электрогенератора, для современных конструкций $\eta_{эл} = 0,94 \dots 0,96$.

Тогда электрическая мощность паровинтовой турбины определяется как [7]:

$$N_{эл} = \eta_{эл}(N_i - N_{тр}) \quad (7)$$

$$N_{эл} = 0,95(823,5 - 57,6) = 727,5 \text{ кВт}$$

Для исследования характеристик паровинтовых машин применяют теорию подобия.

Для определения индикаторного КПД используют критерий подобия Струхаля, определяемый по формуле [6]:

$$Sh = 0,1144 \frac{Dn(L/D)}{60\varepsilon\left(\frac{\mu F}{D^2}\right)mR\sqrt{T_1}}, \quad (8)$$

где m – коэффициент, определяемый по формуле [5]:

$$m = \sqrt{\frac{k}{R} \cdot \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}} \quad (9)$$

ε – геометрическая степень расширения, равная отношению максимального объема в точке 3 к объему в точке 2 (рис.2) $\varepsilon = \frac{V_h}{V_\varepsilon} = 1,5 \dots 5,3$, определяется конструктивными особенностями парных лопастей переменного объема. В соответствии с заданной конструкцией ПВМ принимаем $\varepsilon = 3,2$;

T_1 – температура пара на входе в ПВМ, при давлении $p=14$ ата $t_1=195$ °С $T_1=195+273=468$ К;

R – газовая постоянная для пара, $R = 461$ Дж/(кгК) [4];

L – длина шнековой части, принимаем в соответствии с Приложением Г $L = 0,515$ м;

D – диаметр шнековой части, принимаем в соответствии с Приложением Г $D = 0,45$ м;

n – число оборотов паровинтовой машины, $n = 3000$ об/мин;

μF – эффективное проходное сечение зазоров паровинтовой машины, определяется по формуле:

$$\mu F = \frac{G_{ут} \sqrt{T_1}}{m p_1 \cdot 10^5}, \quad (10)$$

где $p_1 = 14$ ата – давление на входе в паровинтовую машину;

$G_{ут}$ – величина утечек, кг/с.

Величина утечек через зазоры паровинтовой машины определяется по формуле [7]:

$$G_{ут} = G - G_{теор}, \quad (11)$$

Приняв коэффициент наполнения $\eta_v = \frac{G}{G_{теор}} = 1,3$, определим теоретический расход пара в паровинтовой машине без учета утечек, если расход пара в турбину $G = 25$ т/ч = 6,94 кг/с:

$$G_{теор} = \frac{G}{\eta_v} = \frac{6,94}{1,3} = 5,34 \text{ кг/с}$$

Тогда расход утечек составит:

$$G_{ут} = 6,94 - 5,34 = 1,6 \text{ кг/с.}$$

Принимая показатель адиабаты для пара равным $k = 1,3$ [4], определим по формуле (9) коэффициент m :

$$m = \sqrt{\frac{1,3}{461} \cdot \left(\frac{2}{1,3+1}\right)^{\frac{1,3+1}{1,3-1}}} = 0,0311 \text{ м}^{-1} \text{сК}^{0,5}$$

Тогда эффективное проходное сечение зазоров составит по формуле (8):

$$\mu F = \frac{1,6 \sqrt{468}}{0,0311 \cdot 14 \cdot 10^5} = 0,000796 \text{ м}^2$$

Отсюда критерий Струхалия по формуле (2.10):

$$Sh = 0,1144 \frac{0,45 \cdot 3000(0,515/0,45)}{60 \cdot 3,2 \left(\frac{0,000796}{0,45^2} \right) 0,0311 \cdot 461 \sqrt{468}} = 0,75$$

На рисунке 2.9 и 2.10 представлены графики зависимости коэффициента наполнения и КПД паровинтовой машины от критерия Струхалия.

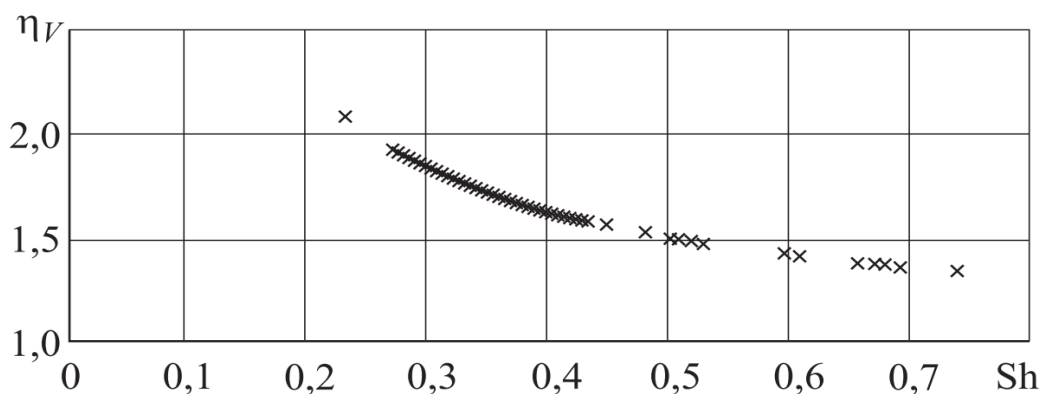


Рисунок 4 – График зависимости коэффициента наполнения паровинтовой машины от критерия подобия Струхалия

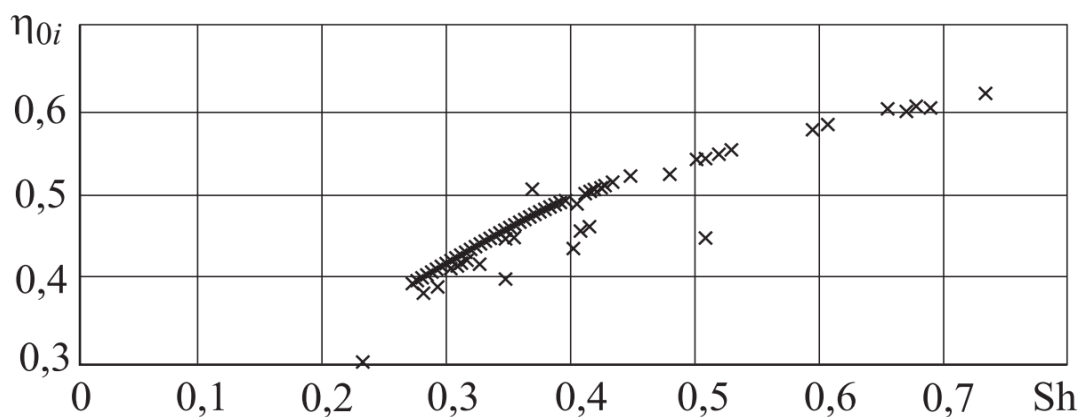


Рисунок 5 – График зависимости индикаторного КПД паровинтовой машины от критерия подобия Струхалия

По рисунку 2.9 при $Sh=0,75$ $\eta_v = 1,3$.

По рисунку 2.10 при $Sh=0,75$ $\eta_v = 0,7$.

Следовательно, принятые ранее параметры паровинтовой турбины верны.

Выводы.

В статье приведен подбор паровинтовых машин для реконструкции паровой котельной с тремя котлами ДЕ-25-14 и расходом пара на технологические нужды 50 т/ч. Были приняты к установке и рассчитаны 2 паровинтовых машины ПВМ-750. Установка двух ПВМ позволит обеспечить отпуск дополнительного количества электрической энергии в размере 3 млн кВтч при количестве часов максимальной загрузки 4000 ч. При тарифе на электрическую энергию 5,92 руб/кВтч прибыль от мероприятия составит 17,76 млн.руб.

Список использованных источников

1. Березин, С.Р. Технология энергосбережения с использованием паровых винтовых машин. Теплоэнергетика. – 2007. – № 8. – С. 40–43.
2. Березин, С.Р. Винтовая расширительная машина. Пат. № 2319840, РФ, 2006.
3. Тимофеевский, Л.С., ред. Холодильные машины. Санкт-Петербург, Политехника. – 2006. – 944 с.
4. Цирельман, Н.М. Техническая термодинамика. Москва, Машиностроение. – 2012. – 352 с.
5. Коренев, А.М. Исследование винтовой расширительной машины. Дис. канд. техн.наук. Москва, МВТУ, 1979. – 127 с.
6. Гухман, А.А. Введение в теорию подобия. Москва, Высшая школа, 1972. – 342 с.
7. Березин, С.Р. Винтовые детандеры. Уфа, УГАТУ, 2010. – 53 с.

RECONSTRUCTION OF A STEAM BOILER HOUSE WITH DE-25-14 BOILERS IN A MINI-CHPP BASED ON STEAM TURBINES

D.N. Mokerov

*Russian University of Transport (MIIT),
Moscow, Russia*

The article deals with the reconstruction of a steam boiler house with DE-25-14 boilers at a mini-CHPP based on steam turbines. The main advantages of steam turbines are highlighted. The method of calculation of a steam-screw turbine is considered.

Key words: boiler house, mini-CHPP, steam turbine, steam expansion process.

ФОРМАЛИЗОВАННАЯ ПОСТАНОВКА И КРАТКИЙ ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗНАНИЙ ИЗ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ ФИНАНСОВЫМИ АКТИВАМИ

А.А. Мусаев, Д.А. Григорьев

*Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации
Российской академии наук,
Санкт-Петербургский государственный университет
г. Санкт-Петербург, Россия*

Приведена формализованная постановка и краткий обзор возможных реализаций методов целенаправленного извлечения знаний из текстовых документов в интересах задачи управления финансовыми инструментами.

Ключевые слова: прогнозирование, управление активами, обработка естественного языка, автоматизированная торговая система.

1. Введение. В настоящее время процесс управления рыночными активами ориентирован на разнообразные аналитические исследования и авторские прогнозы, основанные на личном опыте экспертов, анализе экономических и политических процессов в стране и мире, исследовании сопутствующих факторов и т. п. Растущая популярность фондового рынка обеспечивает существенный прирост объемов подобной информации в отчетах эмитентов, на новостных и аналитических финансовых сайтах, в социальных сетях, а также в виде медиа-контента. Данные материалы имеют форму или могут быть сведены к форме текстовых электронных документов.

В этих условиях естественно возникает задача автоматизированного сбора информации такого типа и извлечения контента, в интересах решения задачи прогнозирования и управления конкретными финансовыми инструментами.

В общем случае задача извлечения контента из текстовых сообщений представляет собой важное направление в области современных информационных технологий, получившее наименование интеллектуальный анализ текстов или Text Mining. Обзоры работ по данному направлению можно найти, например, в [1-5]. В свою очередь, современные обзоры по финансовому прогнозированию на основе текстовых данных [6] не уделяют достаточного внимания формальной стороне задачи.

В настоящей статье приведены формализованная постановка и краткий обзор возможных реализаций задачи целенаправленного извлечения знаний из электронных текстовых файлов в интересах управления финансовыми инструментами.

2. Математическая постановка задачи извлечения знаний из текстовых документов

В контексте рассматриваемой прикладной задачи извлечения знаний (knowledge extraction, KE) из текстовых документов проблема сводится к разработке функционального оператора $F_{KE}: \{Doc_i, i = 1, \dots, N_D\} \Rightarrow R$, отображающего совокупность текстовой информации в знания. При этом в роли которых выступает либо промежуточная совокупность сведений Inf_R , используемая для формирования управляющего решения $R(Inf_R)$, либо непосредственно проект такого решения R .

Структурная схема такого преобразователя представлена на рис. 1.

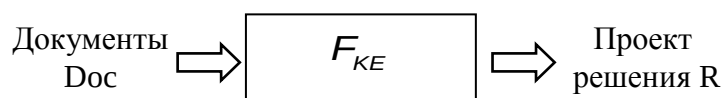


Рисунок 1 – Структурная схема преобразования информации в проект решения

Очевидно, что математическая формализация данной задачи требует априорной структуризации процедуры выработки управляющих решений.

При использовании технологии машинного обучения (Machine Learning, ML) с учителем такая структуризация осуществляется на основе формирования дискретного множества числовых значений или непересекающихся интервалов значений некоторого индикатора возможных решений Ind , однозначно определяющего выбор управляющего решения R из заданного множества возможных решений $Ind\{R_j, j = 1, \dots, N_R\} \Rightarrow R$.

В рамках традиционной вероятностной парадигмы такие задачи обучения относятся к категории многомерной статистической классификации. В общем случае решение таких задач сводится к следующим этапам:

1. На множестве документов $\{Doc_i, i = 1, \dots, N_D\}$ формируется m -мерное признаковое пространство x_m , определяемое векторным множеством параметров (признаков) $x = (x_1, \dots, x_m)$;

2. Используя множество ретроспективных данных, образованных парами из наборов документов и отвечающих им значений индикатора возможных решений, зависящего от текущих значений признаков

$$\{[Doc_i, Ind(X_i)], i = 1, \dots, N_0\},$$

осуществляется разбиение всего признакового пространства x_m на N_R непересекающихся m -мерных зон, каждая из которых отвечает опре-

деленному варианту управляющего решения. В терминах Machine Learning данный этап представляет собой процесс обучения с учителем.

3. Этап извлечения знаний из поступающего в обработку нового текстового документа Doc_i состоит в оценке значений признаков $\hat{X} = (\hat{x}_1, \dots, \hat{x}_m)$ и вычислении, на их основе, значения индикатора возможных решений $nd(\hat{X}_i)$.

В случае, когда для выработки решения используется множество документов $\{Doc_i, i = 1, \dots, N_D\}$, осуществляется совместная обработка сформированных оценок признаков $\{\hat{X}_i, i = 1, \dots, N_D\}$, позволяющая получить более устойчивую оценку индикатора $Ind(\hat{X})$. Простейшими примерами такой совместной обработки могут служить процедуры усреднения и взвешенного усреднения значений оценок индикаторов для отдельных документов.

3. Управление финансовыми активами на основе автоматического анализа оперативной текстовой информации

Рассмотрим формализацию процесса извлечения знаний КЕ из текстовых документов на примере задачи управления финансовыми активами на основе компьютерного анализа совокупности ежедневных аналитических рекомендаций, формируемых экспертами-аналитиками различных брокерских и финансовых компаний.

Объектом управления в этом случае выступает некоторый рыночный актив, играющий роль финансового инструмента трейдера. Таким инструментом могут служить валютные пары рынка Forex (например, евро-российский рубль EURRUB, американский доллар – российский рубль USDRUB, евро - американский доллар EURUSD и другие), биржевые индексы (DJ, Nikkei, FTSE, NASDAQ и др.), товарно-сырьевые котировки (стоимость барреля нефти, унции золота и т.п.) и другие составляющие рынков капитала.

Задача трейдера состоит в реализации последовательного управления активами, включающего в себя формирование решения о времени открытия и закрытия позиции, ее направление и размер, уровень фиксации прибыли TP, уровень ограничения возможных потерь SL и т. п.

С целью акцентирования внимания на содержательной части решаемой задачи, рассмотрим упрощенную схему формирования управляющих решений, в которой торговля ведется по схеме Day Trading, т. е. осуществляется в течение одного дня с 00h 01m AM (открытие позиции) до 24h 00m PM (закрытие позиции). Результат управления фиксируется в конце дня или при достижении уровня закрытия позиции (TP или SL), как разница между стоимостью инструмента на момент закрытия C_{close} и открытия C_{open} позиции

$$P_{day} = (C_{close} - C_{open})_t, \text{ day} = 1, \dots, N_T,$$

где N_T – число дней трейдинга.

В качестве исходной информации для формирования управляющего решения на следующие сутки, используются аналитические отчеты, выпущенные накануне текущего дня, и содержащие, в явной или неявной форме, прогноз относительно возможной динамики котировки рабочего инструмента. Каждый аналитический отчет представляет собой комплексный экономический анализ текущей и прогнозируемой ситуации на рынках капитала. Отчет формируется экспертом-аналитиком (ЭА), т.е. специалистом в области фундаментального анализа, и представляет собой документ (текстовый файл) Doc(t) с предметно-ориентированной текстовой информацией.

Отчет, подготовленный экспертом предназначен, прежде всего, для человека, для трейдера, осуществляющего управление торговыми операциями. Практически любая информация, формируемая ЭА, написана на естественном языке и является нечеткой, т. е. отражается в нечетких лингвистических формах. С точки зрения автоматической обработки текстовый документ следует рассматривать как последовательность синтаксических словоформ, содержащих в неявной и нечеткой форме искомое решение R.

Заметим, что одним из важнейших трендов в современной электронной торговле является широкое использование *торговых роботов* (trading robots, TR). Большинство TR функционирует на основе хорошо формализованных математических алгоритмов, базирующихся на принципах технического анализа [7], который, в свою очередь, основывается исключительно на временном ряде цен и объемах торгов. Естественным недостатком такого подхода является отсутствие учета новостной и иной вербальной информации. В частности, TR практически не используют аналитические отчеты, что существенно снижает их эффективность. В частности, на финансовом рынке наблюдается принцип «информационной асимметрии» [8], когда участники торгов реагируют с разной задержкой на выход какой-либо новости, существенной для изменения направления динамики актива. Очевидно, что большую часть прибыли получают те трейдеры, которые быстрее всего среагировали на пришедшую информацию.

Таким образом, рассматриваемую задачу автоматического выявления контента из аналитической информации можно рассматривать, как задачу создания нового поколения торговых роботов, способных объединить в себе достоинства технического и фундаментального анализа данных.

Программная реализация процедуры КЕ осуществляется текстовыми анализаторами (text analyzer, ТА), построенными на принципах *Text Mining* [1-5].

4. Особенности построения текстового анализатора в задаче управления финансовыми активами

Исходными данными для текстового анализатора служит совокупность документов $\{Doc_i(t), i = 1, \dots, N_D\}$, сформированных ЭА. При этом ежедневные аналитические обзоры, должны содержать прогностическую информацию на следующий день, и отражать основные тенденции в динамике котировок рабочего инструмента. Текстовый анализатор ТА реализует оператор F_{KE} , его выходными данными являются значения индикатора возможных решений $Ind\{R_j, j = 1, \dots, N_R\}$ или терминального решения R в форме, наиболее приемлемой для трейдера или TR .

В качестве примера рассмотрим аналитические отчеты, предназначенные для прогнозирования котировок финансовых инструментов. Точечные прогнозы сводятся к указанию ожидаемых значений котировок и оценки их возможного разброса. *Интервальные прогнозы* указывают границы интервала, которые с заданным уровнем доверия покрывают возможные значения изменения котировок. Наиболее распространенными и приближенными к человеческому восприятию являются нечеткие прогнозы, основанные на размытых представлениях типа «сильный тренд», «слабый тренд», «боковое движение» и т. п.

Очевидно, что нечеткие формулировки в процессе формализации неизбежно так или иначе ассоциируются с интервальными прогнозами.

В качестве примера рассмотрим ситуацию, когда множество значений индикатора возможных решений оцифровывается в форме

$$\{Ind(R)\} = \{-2, -1, 0, 1, 2\},$$

где -2 – решение о наличии сильного негативного тренда,

-1 – среднего или слабого негативного тренда, 0 – бокового тренда (или отсутствие тренда),

1 – наличие среднего или слабого положительного тренда,

2 – наличие сильного положительного тренда. Нечеткость решения определяется самими понятиями «средний тренд», «сильный тренд» и т. п. и требует интервальной интерпретации в терминах классификационных признаков X .

В зависимости от значения формируемого ТА решения R трейдер (или торговый робот) выбирает время и направление для открытия позиции, размер ставки или воздерживается от вступления в процесс торговли.

Как уже указывалось, непременным элементом создания автоматической системы извлечения знания средствами ТА является наличие априорных сведений, позволяющих формализовать процесс принятия решения в форме задачи классификации с учителем. В частности, априорные сведения должны содержать информацию:

- возможные варианты знаний, содержащиеся в контексте;
- возможные наборы словоформ, характерные для различных вариантов искомых знаний;
- алфавиты языка-носителя знаний;
- синтаксическая структура языка-носителя знаний и др.

Указанные знания доступны и легко извлекаются из ретроспективных отчетов аналитиков за предыдущие интервалы трейдинга.

5. Варианты построения систем КЕ

Рассмотрим варианты построения систем КЕ на основе поисковых, статистических (или лингво-статистических) и нейросетевых технологий.

Поисковые технологии извлечения знаний. Поисковые технологии (Information retrieval, IR) основаны на выявлении предложений, содержащих априори заданные словоформы, и как следствие, определяющие их содержимое.

Например, для прогнозирования динамики рубля обычно селекционируются предложения, содержащие такие словоформы, как «USDRUB», «EURRUB», «рубль». Учитывая сильную корреляцию национальной валюты с котировками нефти, можно также выделять предложения со словоформой «URALS», или, связанной с ней словоформой «BRENT».

Далее, в выбранных предложениях оценивается направление движения котировки. Очевидно, что при росте стоимости рубля можно ожидать появления словоформ «рост», «повыш», «увелич», «подъем» и т. п. И наоборот, для падающих котировок характерны словоформы «спад», «паден», «сниж», «регресс» и т. п. Обнаружение таких словоформ означает принятие решений типа +1 или -1.

В случае возникновения словоформ, выражающих усилительные языковые сочетания, типа «резко», «крайне», «сильно», «скачкообр» и т.п., то, в совокупности с предыдущим логическим выводом, возникают предпосылки для формирования решений типа +2 или -2, соответственно.

Отсутствие необходимой информации или наличие нейтральных словоформ, относящихся к динамике процесса ценообразования, означает формирование решения «0», т.е. отказ от проведения торговой операции. На практике эта задача решается методами оценивания общей тональности текстов (Sentiment Analysis) [9].

Вернемся к задаче формализации технологии извлечения знаний КЕ из текстовых документов. На основе обучающих данных (ранее созданных отчетов и отвечающим им интервалам наблюдения котировок) формируется априорная база синтаксических словоформ DBW (Data Base of Words), отвечающая различным вариантам возможных решений $\{Ind(R)\} = \{-2, -1, 0, 1, 2\}$. По существу, она представляет собой набор из пяти словарей V : $DBW = \{V_i, i = 1, \dots, 5\}$, каждый из которых

содержит набор характерных (для выбранного решения) словоформ для имеющихся вариантов решений.

Далее, формируется набор ключевых словоформ, отвечающих различным вариантам формы представления рабочего инструмента и связанных с ним понятий. Соответствующий набор образует словарь ключевых слов V_{kw} . Исходный информационный ресурс имеет форму объединения текстовых файлов Reports, составленных из аналитических отчетов ЭА. Используя разделительные знаки (или же инструмент Sentence detector [10] одной из библиотек по обработке естественного языка), осуществляется дефрагментация отчетов на предложения S (sentences), т. е. $Reports = \{S_j, j = 1, \dots, N_S\}$. Сопоставление множеств $\{S_j, j = 1, \dots, N_S\} \sim V_{kw}$ позволяет выделить подмножество предложений $S^* = \{S_j, j = 1, \dots, N_{S^*}\} \subset S$, содержащих ключевые слова.

Заключительный этап формирования решения сводится к сопоставлению содержания непересекающихся словарей с уже выделенными фрагментами отчетов Reports, т. е. окончательное решение формируется в виде $DBw \sim S^* \Rightarrow Ind(R) \rightarrow R$. Знак $\sim$ означает сопоставление содержания словарей, отвечающих различным вариантам решения, и слов, содержащихся в предложении.

Статистические технологии **извлечения знаний**. Статистические технологии, как правило, основаны на частотном анализе появления словоформ (term frequency). При этом указанные частоты выполняют роль характеристических признаков в традиционном дискриминантном анализе или других современных формах обучения с учителем.

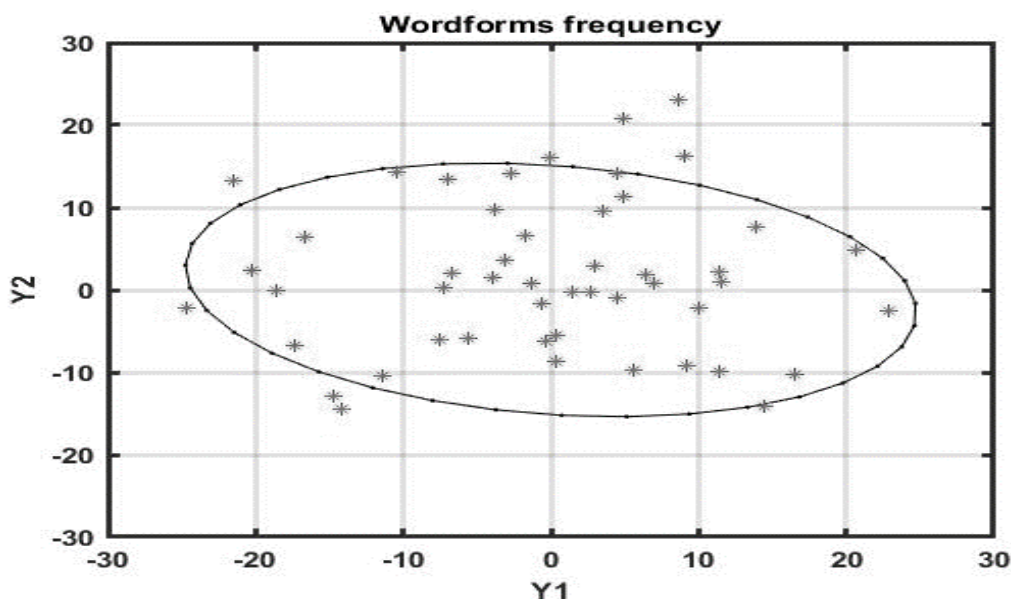
В этом случае априори формируется база данных типовых словоформ $DBw = \{V_i, i = 1, \dots, 5\}$, отвечающих возможным вариантам индикаторов решения $\{Ind(R)\}$. При этом обычно используются словоформы, содержащие от трех до 6 знаков.

Далее текст документа подвергается предварительной обработке (нормализации). Примерами предобработки могут служить:

- ликвидация пробелов,
- отбраковка некоторых знаков препинания,
- сокращение неинформативных частей слов, например, их окончаний (стемминг, лемматизация),
- удаление стоп-слов,
- исключение заведомо неинформативных предложений и др.

После предварительной обработки осуществляется последовательное сканирование отредактированного документа и подсчет частот тех словоформ, которые содержатся в БД. Как правило, одного документа оказывается недостаточно для формирования обучающих частотных оценок возникновения словоформ. В связи с этим используют объединение множества документов $\{Doc_i(t), i = 1, \dots, N_D\}$, образованные анали-

тическими отчетами разных брокерских и финансовых компаний, материалами прессы и других текстов, относящихся к выбранной теме и заданной дате.



Нисунок 2 – К вопросу о соотношении частоты словоформ с формируемым нечетким решением

Иными словами, предварительное обучение происходит на множестве всех ранее имеющихся отчетов с учетом уже доступной информации об их соответствии действительному движению цен на изучаемом временном участке торговли.

Пусть в результате анализа обучающих данных выявлена совокупность частот возникновения тестируемых словоформ $\{h_j = \hat{f}_j^m, j = 1, \dots, M\}$, где M – число тестируемых словоформ, m – длина словоформы.

Очевидно, что для разных аналитических отчетов величины частот $h_j, j = 1, \dots, M$ будут иметь различные значения, т. е. будут представлять собой реализацию случайной величины H с некоторым законом распределения. Идентификация этого распределения позволяет выявить область критических значений, что в свою очередь, дает возможность формировать вероятностные формы решения для заданного уровня доверия α .

На рисунке 2 представлена наглядная иллюстрация процесса формирования решения для упрощенной схемы с двумя словоформами. По осям отложены центрированные частоты появления двух словоформ на тестовых данных. При условии выполнения гипотезы о двумерном гауссовском распределении формируется доверительная область (здесь – в виде эллипса), отвечающая выбранному значению α . Далее, в режиме формирования управляющего решения, определяется факт попадания частотной пары (h_1, h_2) внутрь формируемого эллипса рассеяния.

Приведенный рисунок иллюстрирует работу лишь с двумя словоформами. На практике естественно использовать большее число словоформ ($m = 4-6$), в результате чего решение формируется в признаковом пространстве размерности $m > 3$ и теряет свою графическую интерпретируемость.

Нейросетевые технологии извлечения знаний. Как уже отмечалось, с точки зрения теории машинного обучения, сформированная в работе задача сводится к проблеме классификации документа $\{Doc_i, i = 1, \dots, N_D\}$ путем отнесения его к одному из классов возможных решений. В качестве одного из подходов к решению данной проблемы, нашедших широкое распространение в последнее время, является применение нейросетевых технологий [11-17]. В отличие от предыдущих методов, нейросети позволяют учитывать контекст словоформ и многозначность естественного языка, оцифровывая каждое слово в векторное представление (Word2Vec [16], FastText [17] и др.)

В общем случае искусственная нейронная сеть (ИНН) представляет собой упорядоченную структуру, заданную множествами $\{N, V, W\}$, где N – множество нейронов, V – матрица связей и W – весовая матрица связей. Выходной сигнал каждого нейрона формируется некоторой нелинейной функцией активации A от взвешенной суммы входных воздействий, поступающих от других нейронов, т. е. $Out_j = A(\sum_{i=1}^{n_j} w_{ij} z_i)$. Примерами функции активации при финансовом прогнозировании могут служить сигмоид, гиперболический тангенс TanH, ReLu $A(x) = \max(0, x)$ и др. [12].

Входные данные, поступающие на первый слой ИНН, образованы вариантом оцифровки исследуемого текста. Выходной слой в нашем случае может состоять из одного нейрона с пятью выходными состояниями: $Ind_j = \{1V2 V...V5\}$, трех нейронов с двумя состояниями:

$$y_{mj} = \{(0-0-0) V(0-0-1) V(0-1-0) V(0-1-1) V(1-0-0)\}$$

или пяти нейронов с двумя состояниями:

$$y_{mj} = \{(0-0-0-0-1) V(0-0-0-1-0) V(0-0-1-0-0) V(0-1-0-0-0) V(1-0-0-0-0)\}.$$

Задача традиционно разбивается на два этапа: обучение сети с использованием «учителя», т. е. множества текстов с известным содержанием (в данном случае – решением d) и этап применения, т. е. выработки решения по совокупности входных данных.

Как правило, для анализа текстовой информации используются рекуррентные нейронные сети (RNN , *recurrent neural network*) [11], в которой связи между нейронами составляют направленную последовательность. Важной отличительной особенностью RNN является наличие внутренней памяти, допускающей возможность обработки входных последовательностей разной длины. Среди множества возможных реализаций RNN особое

распространение в настоящее время нашли сети с долгой краткосрочной памятью (LSTM, long short-term memory) [12], обладающие устойчивостью к лагам (задержкам) между временными последовательностями.

6. Заключение. Проблема извлечения знаний из текстовой информации в интересах решения задачи управления финансовыми активами представляет собой комплексную проблему, охватывающую такие области анализа данных, как многомерный статистический анализ, теорию нечетких множеств, математическую лингвистику, нейросетевые технологии и др.

В настоящей статье предлагается реализовать данную задачу, как синтаксический преобразователь текста, реализующий процесс преобразования символьной и строковой информации, в нечёткое управляющее решение.

Конкретные варианты построения таких анализаторов предполагается представить в последующих публикациях. С точки зрения авторов наибольший интерес представляет собой симбиоз знаний, получаемых с помощью системы извлечения знаний из текстовой информации, с хорошо формализованными решениями технического анализа временных рядов котировок финансовых инструментов.

Список использованных источников

1. Aggarwal, C. C. Mining text data / C. C. Aggarwal and C.X. Zhai. – London: Springer, 2012. – 535 p.
2. Fan, J. Automatic knowledge extraction from documents/ J. Fan, A. Kalyanpur, D. C. Gondek, D. A. Ferrucci// International Business Machines Corporation journal. – 2004. – Vol. 56. – P.51-60
3. Feldman, R. Knowledge Discovery in Textual Databases (KDT) / R. Feldman, I. Dagan// In KDD. – 1995. – Vol. 95. – P.12–117.
4. Hotho, A. Brief Survey of Text Mining / A. Hotho, A. Nürnberger, G. Paab // Ldv Forum. – 2005. – Vol. 20. – P.19–62.
5. Maheswari¹, M. U. Text Mining: Survey on Techniques and Applications/ M. U. Maheswari¹, Dr. J. G. R. Sathiaselan // Research Scholar, Department of Computer Science, Bishop Heber College. – 2014. – Volume 6. – P.1660–1664
6. Preethi, B.M. A Survey Paper on Text Mining - techniques, applications and Issues/ Mrs.B.Meena Preeth, Dr.P.Radha // IOSR Journal of Computer Engineering. – 2015. – Vol.7. – P. 46–51. – e-ISSN: 2278-0661
7. Xing F. Z., Cambria E., Welsch R. E. Natural language based financial forecasting: a survey // Artificial Intelligence Review. – 2018. – T. 50. – №. 1. – С. 49-73.
8. Taylor M. P., Allen H. The use of technical analysis in the foreign exchange market // Journal of international Money and Finance. – 1992. – T. 11. – №. 3. – С. 304-314.

9. Ivanitskiy V. et al. Information asymmetry in financial markets: Challenges and threats // *Economy of region*. – 2018. – Т. 1. – №. 4. – С. 1156-1167.
10. Mishev K. et al. Evaluation of sentiment analysis in finance: from lexicons to transformers // *IEEE Access*. – 2020. – Т. 8. – С. 131662-131682.
11. Azzi A. A., Bouamor H., Ferradans S. The finsbd-2019 shared task: Sentence boundary detection in pdf noisy text in the financial domain // *Proceedings of the First Workshop on Financial Technology and Natural Language Processing*. – 2019. – С. 74-80.
12. Lai S., Xu L., Liu K., Zhao J. Recurrent Convolutional Neural Networks for Text Classification. // *AAAI*, 2015. P. 2267 – 2273
13. Liu G., Guo J. Bidirectional LSTM with attention mechanism and convolutional layer for text classification // *Neurocomputing*. – 2019. – Т. 337. – С. 325-338.
14. LeCun Y., Bottou L., Bengio Y., Haffner P. Gradient-based learning applied to document recognition // *Proceedings of the IEEE*, 1998. Vol. 81, Issue 11. P. 2278 – 2324.
15. Белоус Р. О., Чернятина Ю. А. Применение нейронных сетей в задачах обработки текстовых данных // *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. – 2008. – №. 46.
16. Greff K., Srivastava R.K., Koutník J., Steunebrink B.R., Schmidhuber J. LSTM: A Search Space Odyssey, 2015. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems* 28(10). 12p.
17. De Bruyn M. From Word to Financial Time Series Embedding // Available at SSRN 3184513. – 2018.
18. Santos I., Nedjah N., de Macedo Mourelle L. Sentiment analysis using convolutional neural network with fast text embeddings // *2017 IEEE Latin American Conference on Computational Intelligence (LA-CCI)*. – IEEE, 2017. – С. 1-5.

FORMALIZED STATEMENT AND BRIEF OVERVIEW OF TECHNOLOGIES FOR EXTRACTING KNOWLEDGE FROM TEXT DOCUMENTS IN TASKS OF FINANCIAL ASSET MANAGEMENT

A. Musaev, D. A. Grigoriev

*St. Petersburg Institute of Informatics and Automation of the Russian Academy
of Sciences,
St. Petersburg State University,
St. Petersburg, Russia*

A formalized formulation and a brief overview of possible implementations of methods for purposeful extraction of knowledge from text documents in the interests of the problem of managing financial instruments are presented.

Key words: forecasting, asset management, natural language processing, automated trading system.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕНИЯ И ИЗНАШИВАНИЯ В МАШИНАХ

М.А. Назарова, Г.А. Аминова, В.В. Бронская,
Г.В. Мануйко, Г.Р. Загреева

*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет»,
г. Казань, Россия*

Моделирование изнашивания поверхностей позволяет, как предсказать характер разрушения поверхностей и поведение этого процесса в зависимости от условий трения, так и управлять этим процессом за счет создания оптимальной формы поверхности элементов пар трения и сокращения времени приработки, что приводит к экономии материала и увеличению ресурса трибосопряжений. Построена математическая модель и получены основные зависимости трения и изнашивания в среде Wolfram Mathematica.

Ключевые слова: моделирование, трение, изнашивание, трибология, скорость изнашивания, скорость скольжения, коэффициент износа, среднее значение износа

Одной из главных причин преждевременного выхода машин из строя является износ. В процессе выполнения машиной полезной работы вследствие силовой и тепловой нагруженности деталей происходит разрушение поверхностных слоев узлов трения с последующим изменением геометрии деталей, увеличением зазоров в сопряжениях, нарушением условий смазки и как результат – снижение мощности, потеря кинематической точности, завершающиеся в предельном случае остановкой или аварией всей механической системы.

Потери средств от трения и изнашивания в развитых странах составляет 2-5 % национального дохода. Анализ специальных комитетов показал, что за полный цикл эксплуатации машин эксплуатационные расходы, затраты на ремонт и запасные детали в несколько раз превышает затрат на изготовление новой техники. Эта цифра основывается на том, что до 20-30 % мировых энергетических ресурсов расходуется в различных формах на трение, до 80-90 % машин выходит из строя вследствие износа их подвижных узлов, каждый третий рабочий в промышленности занят в ремонтной отрасли.

Как показали исследования, процесс разрушения поверхности происходит под действием различных причин[1]. Прежде всего, он может быть вызван концентрацией напряжений в приповерхностных слоях мате-

риала при трении, приводящей к трещинообразованию и отделению фрагментов материала (частиц износа) с поверхности трения[2].

Математическое моделирование все больше применяются как эффективные методы исследования в различных областях. Большинство задач требуют определенной специализации с точки зрения технической подготовки, а также применения математических методов. При анализе трибосистем должны быть рассмотрены аспекты геометрии поверхности, характеристики материалов и возможные трибохимические процессы.

Необходимо знать методы моделирования, используемые в исследовательской практике, в частности аналитические методы, методы физического моделирования, методы математико-статистического моделирования. Уметь осуществлять выбор метода моделирования объектов исследования и владеть методами моделирования триботехнических систем, применяемыми в исследовательской практике.

Целью разработки инженерной модели является выявление закономерностей, позволяющих прогнозировать поведение технической системы. Моделирование - это процесс работы с моделью для исследования свойств реального объекта в определенных условиях[3,4]. На рис. 1 представлена схема моделирования сложной системы.

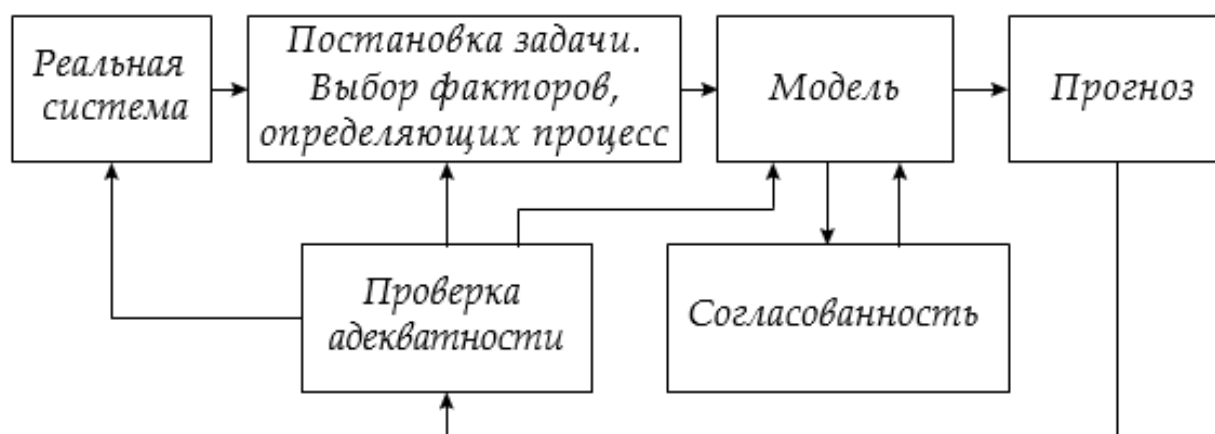


Рисунок 1 – Этапы моделирования сложной системы

Закон изнашивания, т.е. зависимость скорости изнашивания $\dot{w}(x, y, t)$ от давления, скорости скольжения, температуры и т.п., определяется, прежде всего, видом изнашивания (усталостное, абразивное и тд.). Эти зависимости строятся на основании экспериментальных и теоретических исследований. Для многих видов изнашивания имеет место степенная зависимость скорости изнашивания от давления p и скорости скольжения.

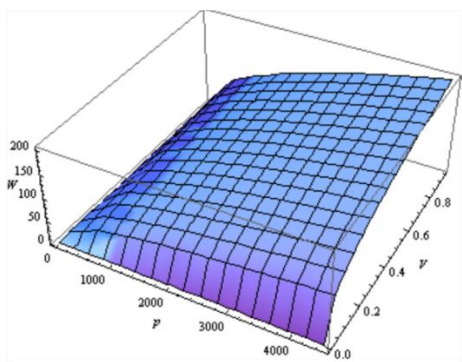


Рисунок 2 – Зависимость скорости изнашивания от давления P и скорости скольжения V при коэффициенте износа 60 %, время 20 тыс. часов

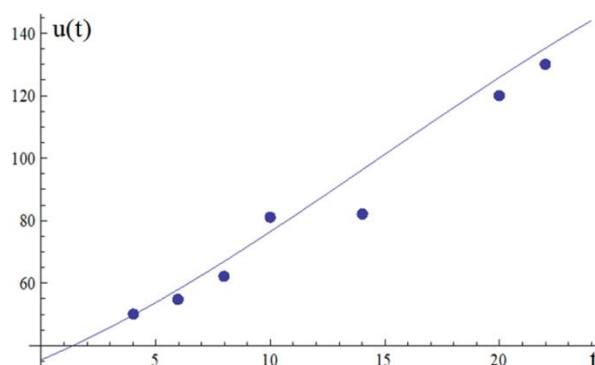


Рисунок 3. – Среднее значение износа $u(t)$ (мкм) подшипника бормашины от времени работы (время в тыс. час).

Видно, что при увеличении давления и скорости скольжения скорость изнашивания тоже увеличивается (Рис.2).

Среднее значение износа $u(t)$ (мкм) подшипника бормашины от времени работы (время в тыс. час) в сравнении с экспериментальными данными [5]. при этом точность аппроксимации составило $R^2 = 0,9852$ (Рис.3).

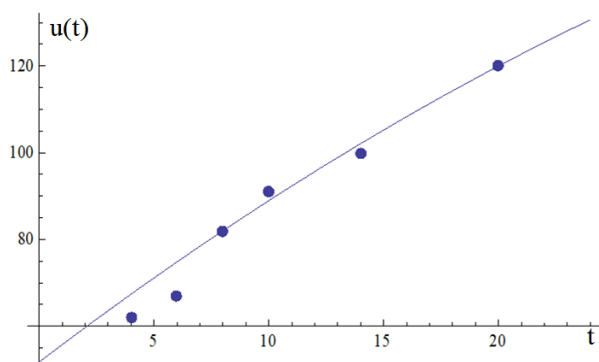


Рисунок 4 – Среднее значение износа (мкм) $u(t)$ деталей редуктора вальца от времени работы (время в тыс. час)

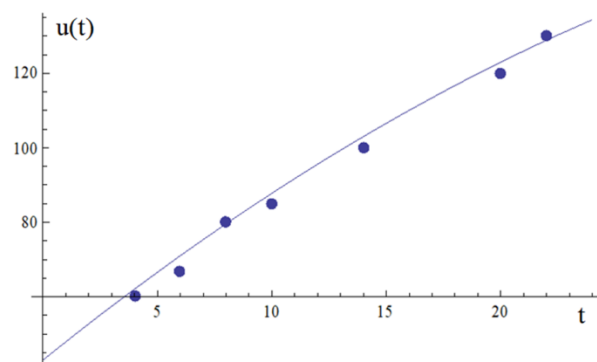


Рисунок 5 – Среднее значение износа (мкм) $u(t)$ деталей редуктора вальца от времени работы (время в тыс. час)

Среднее значение износа (мкм) $u(t)$ деталей редуктора вальца от времени работы (время в тыс. час) в сравнении с экспериментальными данными [5] при этом точность аппроксимации составило $R^2 = 0,9894$ (Рис.4). Среднее значение износа (мкм) $u(t)$ деталей редуктора вальца от времени работы (время в тыс. час) в сравнении с экспериментальными данными [5] при этом точность аппроксимации составило $R^2 = 0,9882$ (Рис.5).

В работе была изучена и проанализирована литература про трение и изнашивание в машинах. Трение и износ системные явления, которые зависят от множества различных параметров, таких как геометрия взаимодействующей поверхности, параметры материала, условия окружающей

среды и т.д. Выявлена необходимость математической модели. Построена математическая модель и получены основные зависимости трения и изнашивания в среде Wolfram Mathematica.

Список использованных источников

1. Павлов, В.Г. Основы теории трения и изнашивания. Раздел III. Смазочные материалы. / Павлов В.Г. // М.: МИИТ. 1994. – 80 с.
2. Павлов, В.Г. Основы теории трения и изнашивания. Раздел II. Основы теории изнашивания/ Павлов В.Г. // М.: МИИТ. 1995. – 100 с.
3. Назарова, М.А. Исследование влияния повышенных температур на механические свойства и характеристики трещиностойкости металла трубопроводов из коррозионно-стойких сталей/ Назарова М.А., Аминова Г.А., Бронская В.В., Мануйко Г.В. // В книге: Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании. Тезисы докладов X Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 100-летию первого декана математического факультета БашГУ Зигандара Иргалеевича Биглова. 2018. – С. 53.
4. Назарова, М.А. Моделирование процесса азотирования серого чугуна. / Назарова М.А., Ахметшин И.Ф., Бронская В.В., Фаттахов А.А., Аминова Г.А.Б., Шайхетдинова Р.С. // В сборнике: Роль фундаментальных исследований при реализации Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года. Материалы V Всероссийской научно-технической конференции. Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов». 2019. – С. 207-218.
5. Дроздов, Ю.Н. Прикладная трибология (трение, износ, смазка) / Дроздов Ю.Н., Юдин Е.Г., Белов А.И. // М.: «Эко-Пресс». 2010. – 604 с.

SIMULATION OF FRICTION AND WEAR IN MACHINES

**M.A. Nazarova, G.A. Aminova, V.V. Bronskaya,
G.V. Manuyko, G.R. Zagreeva**

*Kazan National Research Technological University,
Kazan, Russia*

Modeling the wear of surfaces allows both to predict the nature of the destruction of surfaces and the behavior of this process, depending on the friction conditions, and to control this process by creating the optimal surface shape of the elements of friction pairs and reducing the running-in time, which leads to material savings and an increase in the resource of tribo-couplings. A mathematical model is built and the main dependences of friction and wear are obtained in the Wolfram Mathematica environment.

Key words: modeling, friction, wear, tribology, wear rate, sliding speed, wear coefficient, average wear value.

РЕЖИМ ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ ТРАНСФОРМАТОРА НА СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

С.И. Николаева

*ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»,
г. Волгоград, Россия*

В статье рассмотрены возможные режимы заземления нейтрали для солнечных электростанций (СЭС). Проанализированы достоинства и недостатки режима заземления нейтрали: через дугогасящий реактор (ДГР), изолированного и глухозаземленного режимов и заземления через резистор. По результатам анализа выбран наиболее эффективный для СЭС способ из предложенных.

Ключевые слова: солнечная электростанция (СЭС), фотоэлектрический модуль (ФЭМ), емкостные токи, дугогасящий реактор, резистор, релейная защита.

Режим заземления нейтрали в сетях 6–35 кВ является очень важным и необходимым вопросом при проектировании и эксплуатации СЭС. Связано это с тем, что режим заземления нейтрали влияет на значительное число технических решений, реализуемые в конкретной сети. Всего в сетях среднего напряжения, в отличие от сетей высокого напряжения (110 кВ и выше), используются четыре возможных варианта заземления нейтральной точки сети: изолированная (незаземленная); заземленная через дугогасящий реактор (ДГР); заземленная через резистор (низкоомный или высокоомный) и глухозаземленная нейтраль (в России не применяется). В России сетях 6–35 кВ разрешены все режимы заземления нейтрали, кроме глухого заземления. Какой из этих режимов заземления рекомендуется использовать и в каких случаях должен использоваться тот или иной режим заземления нейтрали, в ПУЭ [1] нет, но в пункте 1.2.16 ПУЭ указаны граничные емкостные токи, начиная с которых должна применяться компенсация емкостного тока. Согласно руководящих указаний по выбору режима заземления нейтрали [2] при емкостном токе замыкания на землю в пределах 10 – 20 А в сетях 10 кВ и 10 – 30 А в сети 6 кВ, при токах однофазного замыкания на землю (ОЗЗ), превышающих 20 А в сети 10 кВ, и 30 А в сети 6 кВ, должна применяться компенсация емкостного тока замыкания на землю.

В последнее время в России находит все большее признание отказ от режима изолированной нейтрали в сетях напряжением 6, 10 и 35 кВ., и рекомендуется применять резистивное заземление. Применение резистивного заземления нейтрали позволяет избавиться от опасных перенапряжений, повышает быстродействие и селективность релейной защиты и увеличива-

ет показатели надежности электроснабжения потребителей. Отечественной промышленностью предлагаются новые комплектные устройства для высокоомного или низкоомного резистивного заземления нейтрали.

Проанализируем возможные, наиболее подходящие варианты заземления нейтрали на СЭС: через ДГР и высокоомный и низкоомный резистор.

С одной стороны, заземление нейтрали сети через ДГР приводит к компенсации емкостных токов в месте замыкания и к снижению величин дуговых перенапряжений, но остается опасность возникновения больших кратностей перенапряжений при неточной настройке дугогасящего реактора, возникновения резонансных перенапряжений, а также перенапряжений при неполнофазных режимах. При неточной настройке ДГР процесс выравнивания напряжений фаз после погасания дуги носит характер биений. При точной настройке ДГР или небольшой перекомпенсации, расстройка и возникновение биений при ОЗЗ возможны при отключении присоединения с большим емкостным током подпитки. Опасность биений состоит в том, что повторные пробой могут произойти при напряжении, близком к максимуму, что вызывает значительные перенапряжения на здоровых фазах. Поэтому ДГР целесообразно применять с автоматической настройкой компенсации, что позволяет снизить ток ОЗЗ до значений, определяемых точностью работы автоматики и принятой степенью отстройки от резонанса в нормальном режиме.

Следующий способ – это режим заземления нейтрали через высокоомный резистор. Основная цель высокоомного резистивного заземления нейтрали сети – ограничение дуговых перенапряжений и феррорезонансных явлений при одновременном обеспечении длительной работы сети с ОЗЗ на время поиска и отключения поврежденного присоединения оперативным персоналом. Снижение напряжения на нейтрали и ограничение перенапряжений при дуговом замыкании на землю достигается за счет уменьшения постоянной времени разряда емкостей здоровых фаз в период бестоковой паузы с помощью специально установленного резистора R_n , обеспечивающего уменьшение активного сопротивления цепи протекания тока нулевой последовательности. В сетях 6 и 10 кВ предпочтительными являются варианты подключения резистора к нейтрали с помощью специальных фильтров нулевой последовательности. При этом мощность устройств определяется исходя из необходимости длительной работы в режиме однофазного замыкания и обеспечения апериодического процесса разряда емкости фаз в течение бестоковой паузы.

Третий вариант заземления нейтрали – через низкоомный резистор.

Главной целью применения низкоомного резистивного заземления нейтрали сети является быстрое и селективное отключение ОЗЗ релейной защитой и максимальный охват обмоток трансформаторов защитой от ОЗЗ. Как и в предыдущем способе при низкоомном заземлении обеспечивается подавление дуговых перенапряжений и феррорезонансных явлений.

Низкоомное резистивное заземление нейтрали сети осуществляют с помощью специального трансформатора заземления нейтрали (ТЗН) со схемой соединения обмоток Y/Δ или с помощью специального фильтра нулевой последовательности (ФНП) [3].

Быстрое отключение ОЗЗ при использовании низкоомного резистора дает возможность выбора заземляющего трансформатора и резистора для кратковременной работы в режиме ОЗЗ, в течение которой не должно наблюдаться превышение их нормируемых температурных параметров. При возникновении режима длительного ОЗЗ (например, при отказе в работе защиты), защита нулевой последовательности ТЗН или ФНП с выдержкой времени действует на отключение секционного выключателя (если он включен) и выключателя ввода с запретом АВР секционного выключателя. При этом выдержка времени на отключение секционного выключателя должна быть на ступень времени ниже выдержки времени на отключение выключателя ввода.

Таким образом, проанализировав три способа режима заземления нейтрали, рекомендовано к использованию в дальнейшей разработке проектных решений режим работы сетей 6-35 кВ с резистивно заземленной нейтралью через низкоомный резистор.

Такие преимущества сетей с резистивным заземлением нейтрали как отсутствие перенапряжений при однофазных замыканиях на землю, исключение феррорезонансных процессов насыщения трансформаторов напряжения и возможность организации селективной релейной защиты от замыканий на землю предопределили широкое использование этого режима в зарубежных странах. Присущие режиму резистивного заземления нейтрали недостатки (увеличение тока в месте повреждения и необходимость отключения замыканий) преодолеваются за счет быстрого отключения поврежденного фидера и организации резервного питания потребителя.

В целом применение в сетях 6–35 кВ современного оборудования заземления нейтрали (дугогасящих реакторов с шунтирующими низковольтными резисторами и высоковольтных резисторов заземления нейтрали) позволяет существенно повысить надежность работы сетей, автоматизировать процесс поиска повреждений и снизить аварийность при однофазных замыканиях на землю.

Список использованных источников

1. ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок. Издание 7. – 2019.
2. СТО 18-2013 «Руководящие указания по выбору режима заземления нейтрали в электрических сетях напряжением 6 -35 кВ» - 2013.
3. СТО 56947007-29.130.15.114-2012 «Руководящие указания по проектированию заземляющих устройств подстанций напряжением 6-750 кВ» -2012.

TRANSFORMER NEUTRAL GROUND MODE IN SOLAR POWER PLANTS

S.I. Nikolaeva

*Volgograd State Agrarian University,
Volgograd, Russia*

The article discusses the possible modes of neutral grounding for solar power plants (SES). The advantages and disadvantages of the neutral grounding mode are analyzed: through an arc-quenching reactor (DGR), isolated and deafly grounded modes, and grounding through a resistor. Based on the results of the analysis, the most effective method for SES was selected from the proposed ones.

Keywords: solar power plant (SES), photovoltaic module (FEM), capacitive currents, arc-quenching reactor, resistor, relay protection.

УДК 004.932

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ДОСТОВЕРНОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ ПРИ ПОМОЩИ СРЕДСТВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

В.Л. Панасов, Г.А. Джамбиев, А.А. Бессмертных

*ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения»,
г. Ростов-на-Дону, Россия*

В статье изучена технология распознавания образов на мобильных устройствах. За основу взяты мобильные устройства под операционной системой Android. Приложение использует библиотеку компьютерного зрения «OpenCV». Были проанализированы полученные результаты и произведена оценка эффективности использования библиотеки «OpenCV».

Ключевые фразы: входной набор данных, обучающая выборка, OpenCV, распознавание образов, машинное обучение.

Существует великое множество технологий в различных сферах науки, производстве, медицине. Пожалуй, одними из самых востребованных технологий в подавляющем большинстве случаев, являются технологии распознавания образов[6]. Они интенсивно используются в банковском секторе для верификации по биометрическим данным пользователя банкомата. Так же биометрия может быть одним из входных наборов дан-

ных для специализированных банковских программ. К примеру, программа оценки кредитоспособности потенциальных клиентов банка [1].

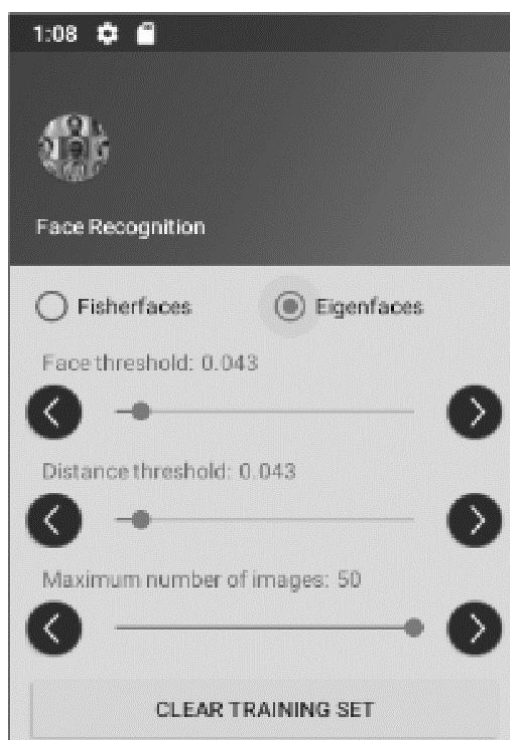


Рисунок 1 –Панель управления параметрами программы

В открытом доступе существует проект андроид-приложения по распознаванию лиц. Имеется возможность на базе данного приложения реализовать проект, требующий технологий распознавания. Так же позволяет познакомиться с двумя алгоритмами распознавания, использующими принципы машинного обучения: Eigenfaces и Fisherfaces. Проведем оценку путем сбора и анализа данных.

Разные технологии по-разному преобразуют изображение для работы с ними. Почти все методы распознавания используют измерения расстояний между определенными точками преобразованных изображений. Самым простейшим методом нахождения расстояния, является Евклидово расстояние.[7] Алгоритмы на основе Евклидова расстояния, очень чувствительны к ракурсу распознаваемого изображения, например алгоритм Eigenfaces. Данная проблема решается путем добавление в обучающую выборку фотографий лиц под разными углами по отношению к камере. Было замечено, что наибольшую информативность имеет лицо, запечатленное на изображении в полупрофиль [5]. Это происходит по следующим причинам:

1. Лицо человека является почти стопроцентно симметричным и распознавание может вестись, даже если человек повернут на противоположную;

2. Полупрофиль дает такие значения собственного вектора, которые являются некоторыми средними величинами между профилем и фасом.

Предлагаемый алгоритм Fisherfaces является расширением алгоритма Eigenface. Отличием является кластеризация обучающих векторов, для чего рассчитываются внутри-классовые и между-классовые ковариационные матрицы. [2] Так же он менее чувствителен к освещению и ракурсу. Как следствие необходима меньшая выборка для достижения около максимальной степени распознавания[4].

Была составлена небольшая обучающая выборка из 4 человек. Объем обучающей выборки постепенно увеличивали. Каждый пробовал распознать себя 10 раз, после чего добавляли еще одну фотографию в выборку. Для сравнения приведем таблицу, взятую с официального ресурса «OpenCV»[3] и сводную таблицу полученных нами результатов.

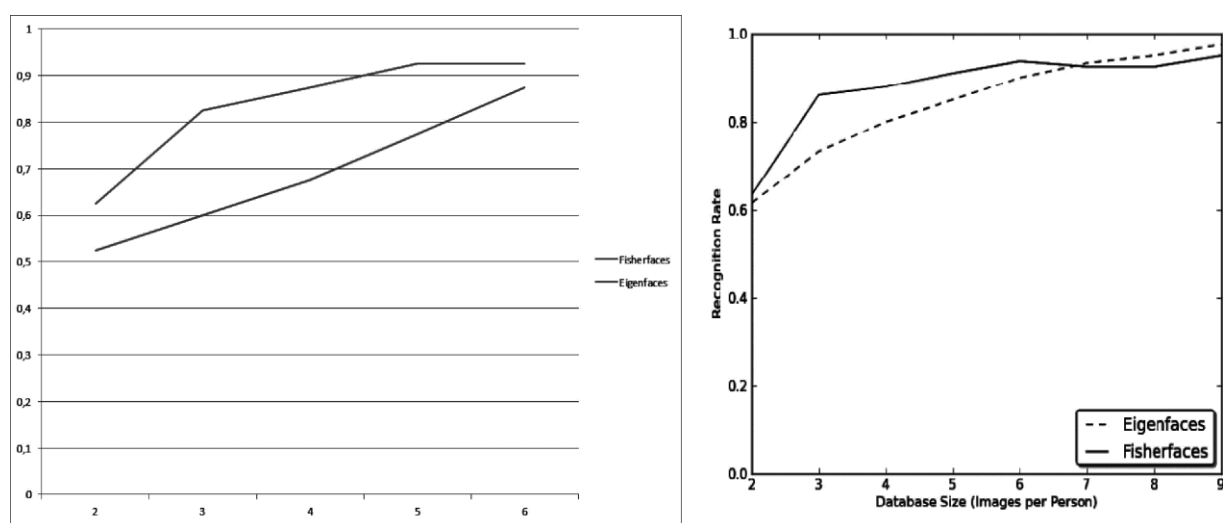


Рисунок 2– Сводная таблица и таблица с официального сайта

Даже при столь малой выборке наши результаты коррелируют с результатами, приведёнными разработчиками. Получаемые данные довольно достоверные и для каждого алгоритма можно довольно точно выявить оптимальное значение количества изображений на человека при указанной точности распознавания.

Данные алгоритмы не идеальны. У каждого есть свои хорошие и плохие стороны, но они довольно просты в реализации. Предлагается использовать их не по отдельности, а совместно друг с другом, чтобы добиться большей эффективности каждого из них при меньшем объеме обучающей выборки.

В дальнейшем планируется создать единую программу для оценки кредитоспособности клиентов банка с возможностью автозаполнения полей. Автозаполнение будет производиться из существующих баз данных клиентов с привязкой каждого клиента к его биометрическим данным.

Список используемых источников

1. Джамбиев Г. А., Шутенко А. А., Цуриков А. Н. Оценка кредитоспособности потенциальных клиентов банка с помощью искусственной нейронной сети // Актуальные исследования. 2020. №14 (17). С. 6-12. URL: <https://apni.ru/article/1057-otsenka-kreditosposobnosti-potentsialnikh>(дата обращения: 27.02.2021). – Текст: электронный.
2. Belhumeur, P. & Hespanha, J. & Kriegman, D. (1997). Eigenfaces vs. Fisherfaces: Recognition Using Class Specific Linear Projection. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 19(7), 711-721.
3. OpenCV: face recognition with OpenCV [Электронный документ] (https://docs.opencv.org/3.4/da/d60/tutorial_face_main.html) Доступ 30.03.2021
4. Eremin, E. & Radzhabova, U. & Telnikh, A. (2003). Real-time face detection via principal component analysis. Neuroinformatics-2003, 2(5), 115-121.
5. Обнаружение, распознавание и определение параметров образов объектов. Методы и алгоритмы. - М.: Радиотехника, 2012. - 112 с.
6. Панасов, В.Л. Применение технологии Data mining для повышения точности регулирования скатывания отцепов на сортировочной горке / В. Л. Панасов, В.В. Доманский, А.С. Сарьян, Н.М. Нечитайло // Вестник РГУПС. – 2020. – № 4. – С. 81–88.
7. Lyabakh, N.N., Saryan, A.S., Dergacheva, I.V., Nebaba, A.N., Lindendbaum, T.M., Panasov, V.L.: Development of the pattern recognition theory for solving the tasks of object classification and yard processes. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 1226 AISC, pp. 59-68 (2020).

ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF FACE RECOGNITION USING MACHINE LEARNING TOOLS

V.L. Panasov, G.A. Dzhabiev, A.A. Bessmernyh

*Rostov State Transport University,
Rostov-on-don, Russia*

The article studies the technology of image recognition on mobile devices. The basis is taken from mobile devices running the Android operating system. The application uses the «OpenCV» computer vision library. The results were analyzed and the effectiveness of using the «OpenCV» library was assessed.

Key phrases: input dataset, training sample, OpenCV, pattern recognition, machine learning.

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЯЖЕЛОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Е.А. Парамонов

*ФБГОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»,
г. Москва, Россия*

В статье будут детально рассмотрены понятия автоматизации, системы автоматического управления, системы автоматического контроля, исследованы преимущества и недостатки автоматизации технологических процессов, в частности, процесса определения качества, на предприятиях тяжелой промышленности. Также в статье будет дана оценка целесообразности применения автоматизации на предприятиях тяжелой промышленности.

Ключевые слова: автоматизация, технологический процесс, автоматизированная система управления технологическим процессом, качество, производство.

В наши дни в условиях быстро развивающегося рынка потребителями предъявляются высокие требования к качеству продукции. В связи с проблемой ограниченности ресурсов для использования их при производстве обеспечение качества выпускаемой продукции является главной задачей предприятий для «выживания». Если предприятие выпускает товар высокого качества, пользующийся постоянным спросом у потребителей, она успешна, поэтому для того, чтобы товар, выпускаемый предприятием, был конкурентоспособным на рынке и высококачественным, предприятие должно периодически производить модернизацию своего производства. [2] Чаще всего модернизация на производствах осуществляется посредством применения инновационных средств и технологий, влияющих на совершенствование технологических процессов. Также применение данных средств позволяет облегчить выполнение некоторых процессов производства.

Автоматизация (в производстве) – это процесс развития производства, при котором процессы, выполняемые человеком, передаются под управление автоматических устройств. С помощью автоматизации на производстве возможно повысить производительность труда, обеспечить стабильность качества выпускаемой продукции, уменьшить количество рабочей силы, используемой в различных производственных сферах [1].

Одновременно с этим ни одна система, ни одно автоматическое устройство не может обойтись без управления человеком. В связи с этим управление и принятие сложных и важных решений остается за человеком.

В настоящее время автоматизация технологических процессов достигается за счет внедрения различных автоматизированных систем управления (далее - АСУ).

Самым ярким примером такой системы можно считать, автоматизированную систему управления технологическим процессом (далее - АСУТП) - система управления, предназначенная для автоматизации управления оборудованием на промышленных предприятиях, путём совместного сбора и обработки поступающей информации человеком и машиной [3].

В любой системе управления реализуется процесс управления путем взаимодействия объекта управления и управляющей части. При построении системы управления необходимо:

- иметь цель управления;
- знать состояние входящих в систему подсистем;
- иметь эффективные средства взаимодействия на управляемую систему.

С понятием системы управления неразрывно связано понятие «иерархия», под которым понимается порядок подчинения элементов одного уровня элементам другого уровня, в рамках всей системы управления.

На первом («высшем») уровне иерархии располагается управляющая часть. На втором и на последующих уровнях соответственно объекты управления.

В иерархической системе управления элементы, управляемые одним и тем же управляющим объектом, могут находиться только на одном уровне иерархии управления, а объекты управления на различных низших по отношению к данной управляющей части уровня иерархии управления.

На первом уровне иерархии управляющих систем находятся высшие функциональные системы (например, автоматизированная система научных исследований, система автоматизированного проектирования и др.). Высокоэффективные решения задач этого уровня обеспечивают информационную взаимосвязь с другими уровнями и обеспечивают подготовку программ для управления нижними уровнями.

Основной задачей второго уровня является управление перестройкой производства – переналадка оборудования при переходе к выпуску инновационной продукции в пределах технологических возможностей.

На третьем уровне располагаются АСУТП, которые осуществляют управление техническими объектами.

Четвертый уровень – это сами объекты управления, для которых размещаются задачи управления.

Любая АСУ состоит из: принимающих датчиков, контролеров и исполнительных устройств. Для полноценного взаимодействия всех элемен-

тов автоматизированной системы применяют промышленные защищённые сети.

Автоматизация производства является крайне сложным процессом. К основным трудностям можно отнести: высокие финансовые затраты, сложность реализации и длительность разработки внедряемой системы. В связи с этим достаточно часто предприятия осуществляют автоматизацию не всего производства, а только определенных, ключевых технологических процессов (например, автоматизация процесса определения уровня качества продукции).

Но для полного понимания деятельности по автоматизации нельзя не сказать про полную автоматизацию. Данный вид автоматизации является высшим уровнем автоматизации производства. При данной автоматизации все процессы, которые можно реализовать с помощью автоматизированных средств, обновляются с применением описанного оборудования.

К основным преимуществам полной автоматизации можно отнести:

- повышение показателей качества выпускаемой продукции;
- рост показателей эффективности предприятия в целом;
- общее повышение производительности труда.

Однако, повсеместная автоматизация имеет одно сильное негативное последствие для общества – повышение роста безработицы. Связан этот процесс с тем, что при применении автоматизированного оборудования происходит уменьшение потребности в низкоквалифицированных кадрах на предприятиях.

Несмотря на это, преимуществ у автоматизации производства гораздо больше, чем недостатков: те предприятия, которые имеют достаточное количество свободных финансовых средств, стараются совершенствовать свои производства путем применения автоматизированных средств и систем.

Таким образом, очевидно, что применение систем управления в технологических процессах на современных предприятиях является ключевой деятельностью, влияющей на эффективность производства, уровень качества выпускаемой продукции и использования различных ресурсов, а все эти изменения будут помогать предприятию достигать новых позиций на рынке и развиваться.

Список использованных источников

1. Майер Л.В., Тверяков А.М. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ // Студенческий: электрон. научн. журн. – 2019. – № 41(85). URL: <https://sibac.info/journal/student/85/162773>.

2. Учебные материалы [Электронный ресурс] / Методы управления качеством продукции - Режим доступа: <https://works.doklad.ru/view/FcrL2esAR6k.html>, свободный (дата обращения: 01.04.2021).

3. Википедия : свободная энциклопедия [Электронный ресурс] / Автоматизированная система управления технологическим процессом – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Автоматизированная_система_управления_технологическим_процессом (дата обращения 02.04.2021).

APPLICATION OF PROCESS AUTOMATION IN HEAVY INDUSTRY ENTERPRISES

E.A. Paramonov

*STANKIN Moscow State Technical University,
Moscow, Russia*

This article will allow the reader to get acquainted with such concepts as automation, automatic control system, automatic control system and learn about the advantages and disadvantages of automation of technological processes, in particular, the process of determining quality, in heavy industry enterprises. The article will also assess the feasibility of using automation in heavy industry enterprises.

Keywords: automation, technological process, automated control system, quality, production.

УДК 623.746.519

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Р.В. Нирусин¹, А.Л. Золкин², Е.Д. Семенов³

¹*Авиационный комплекс в/ч 26473, Россия*

²*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики»,
г. Самара, Россия*

³*ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический
университет» (ТПУ),
г. Томск, Россия*

В статье рассмотрены основные показатели, характеризующие качество современных изделий. В настоящее время в связи со своей многоплановостью и важностью наука о надежности определилась как самостоятельная отрасль знаний. Она изучает закономерности изменения показате-

лей качества технических устройств и на основании этого разрабатывает методы, обеспечивающие с наименьшими затратами времени и средств необходимую продолжительность и безотказность их работы. Основными разделами науки о надежности являются: теория физико-химического старения, физика отказов, математическая теория надежности, методы конструирования и расчетов на надежность, технологические методы обеспечения надежности, экономика надежности изделий.

Ключевые слова: характеристика изделия, эффективность, качество изделия, надежность, техническое изделие, летательный аппарат.

Основной характеристикой любого технического изделия (самолета, космического аппарата, ракеты-носителя, технологического оборудования и т.д.) является его эффективность. Под эффективностью понимают свойство изделия соответствовать своему назначению. Эффективность определяется качеством изделия и условиями его эксплуатации. Качество изделия определяется не всеми его свойствами, а только той совокупностью его свойств, которые обуславливают пригодность изделия для удовлетворения определенных потребностей в соответствии с его назначением. В зависимости от вида изделия и его назначения совокупность его свойств, определяющих качество изделия, может существенно изменяться. Однако абсолютно для всех изделий в эту совокупность свойств входит такое свойство изделия, как надежность. Надежностью называется свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортировки (ГОСТ 27.002-83) [1]. Надежность является комплексным свойством, состоящим из следующей совокупности свойств: безотказность, долговечность, ремонтпригодность. В зависимости от вида изделия каждая из этих составляющих имеет различную относительную значимость. Хотя надежность является только одним из свойств качества, тем не менее именно она в абсолютном большинстве случаев определяет эффективность (в том числе экономическую и тактико-техническую) и безопасность использования изделия. Так, из-за недостаточной надежности изделий стоимость затрат на их ремонты и техническое обслуживание может в несколько раз превышать стоимость нового изделия. Существенное недоиспользование потенциальных возможностей изделий имеет место при завышении требований к их безотказности, так как в этом случае изделия снимаются с эксплуатации при меньших сроках службы. Существуют и такие последствия ненадежности изделий, которые нельзя оценить никакими экономическими и техническими показателями – гибель людей и экологические катастрофы [1].

Проблема надежности изделий, особенно, таких высокоответственных как летательные аппараты, в настоящее время всеми общепризнана, и на обеспечение надежности новых изделий вкладываются суммы, дости-

гающие 80...90 % всех затрат по техническому проекту, а сроки запуска изделия в серийное производство из-за его доводки до заданных значений показателей надежности могут возрасти в 3-5 раз и более. Действующими стандартами регламентирован единый порядок разработки, производства и эксплуатации создаваемых изделий, который состоит из трех основных стадий: разработка изделия; серийное производство; эксплуатация изделия. Особенность решения вопросов по надежности заключается в том, что эти вопросы должны решаться на каждой из перечисленных стадий, так как изменить уровень надежности изготовленного изделия нельзя, как, например, изменить его товарный вид. Только после эксплуатации или специальных испытаний можно определить уровень его надежности, а затем, если это необходимо, внести коррективы в конструкторскую, производственную или эксплуатационную документацию и изготовить новое изделие с более высоким уровнем надежности. В общем случае только в результате определенного цикла таких итераций можно гарантировать определенный уровень надежности изготавливаемого изделия. Естественно, такой итерационный путь длителен и требует больших материальных ресурсов. В связи с этим при создании новых изделий закладываются специальные мероприятия для ускорения и удешевления процесса отработки изделия на надежность, которые оформляются в виде комплексных программ. Необходимость решения вопросов по надежности на каждой из трех стадий часто подчеркивается в так называемой формуле надежности изделия – надежность закладывается на этапе проектирования (разработки), обеспечивается на этапе производства и реализуется на этапе эксплуатации изделия [2].

Рассмотрим кратко основные особенности этих трех этапов с точки зрения надежности. После получения задания на разработку изделия производится сбор и изучение данных по диапазонам нагрузки и внешних воздействий на разных стадиях эксплуатации изделий. Изучают фактически достигнутый уровень надежности в эксплуатации изделия и его узлов, выбранных прототипами. Особый интерес для надежности представляют изделия, снятые с эксплуатации из-за отказов или полной выработки ресурса. На основании этой информации уточняют требования к отдельным элементам изделия и производят подбор материалов с учетом их прочностных характеристик, обрабатываемости, производственных возможностей и стоимости. После этого разрабатывается комплексная программа достижения нужного уровня надежности изделия с конкретизацией выполняемых работ по отдельным узлам и изделию в целом на каждой стадии создания изделия. При проектировании и конструировании закладывается надежность изделия. Она зависит от конструкции изделия и её узлов, применяемых материалов и технологий, методов защиты от внешних воздействий, систем смазки, приспособленности к ремонту и обслуживанию и т.д. Любой узел и агрегат можно сконструировать бесконечным числом способов, рассчитав надежность конструкции по статическим нагрузкам. Однако, в настоя-

щее время существует немного расчетов, позволяющих прогнозировать поведение конструкции в реальных условиях эксплуатации с учетом динамики и статистического характера внешних воздействий. Поэтому проектирование строится на основании использования конструкций, которые были в изделиях, прошедших эксплуатацию. Обычно при создании новых типов изделий используется до 50 и более процентов агрегатов и узлов, выполненных по ранее разработанным схемам и апробированных в серийной эксплуатации. Это, с одной стороны, ускоряет и удешевляет процесс запуска в серию изделия, но, с другой стороны, замедляет прогресс развития техники. Для вновь же проектируемых узлов и агрегатов проводится комплекс опережающих мероприятий по их изготовлению и испытанию на моделирующих установках, стендах и специальных летающих лабораториях [3].

При производстве изделия должна быть обеспечена надежность, заложенная при её проектировании, т.е. технология изготовления определяет, насколько могут быть реализованы потенциальные возможности конструкции. Известно, что до 80 % отказов в работе изделий возникает по вине заводов-изготовителей. Отказ любого технического изделия всегда происходит внезапно в том смысле, что точно предсказать момент времени его возникновения невозможно. Поэтому с точки зрения математики отказы всегда моделируются случайными событиями. Однако это случайное событие может быть предопределено либо грубыми ошибками на этапе разработки, изготовления или эксплуатации изделия, либо произойти из-за неблагоприятного сочетания множества различных факторов. И хотя, как уже отмечалось, момент времени возникновения отказа в первом и втором случае предсказать невозможно, принято отказы, возникающие из-за грубых ошибок, называть детерминированными (предопределенными). При классификации отказов необходимо различать классификацию, проведенную для правильного применения математического аппарата теории надежности, и классификацию, проведенную для применения её в инженерном анализе. С точки зрения инженерного анализа выявления причин возникновения отказа принята следующая классификация:

- 1) по месту проявления отказа (например, в полете или на земле);
- 2) по их последствиям (например, летное происшествие, невыполнение полетного задания или без последствий);
- 3) по причинам возникновения (конструкционный, производственный, эксплуатационный из-за внешних или случайных причин, эксплуатационный из-за ошибок наземного технического персонала, эксплуатационный из-за ошибок летного состава и т.д.);
- 4) по способу устранения (например, восстановление на месте эксплуатации, восстановление в ремонтных организациях, списание). В зависимости от периода эксплуатации изделия выделяют отказы, возникающие в начальный период (прирабочные отказы), в период нормального функционирования и в период естественного старения материалов конструкции.

Кроме того, отказы подразделяют на отказы функционирования, при которых выполнение своих функций изделием прекращается, и параметрические отказы, при которых значения некоторых параметров изделия достигли оговоренных допусков, но само изделие еще могло бы выполнять свои функции. Этим определяется особая опасность отказов функционирования в отличие от параметрических отказов. В связи с этим важной задачей науки о надежности является разработка диагностических методов, позволяющих перевести отказы функционирования в параметрические. Например, постоянный контроль содержания металла (частиц износа) в смазке узла трения позволяет прогнозировать износ узла трения и исключить его заклинивание и создание условий для возникновения другого совместного отказа функционирования. Также весьма перспективными являются методы акустической эмиссии определения накопления микроповреждений в конструкции. С позиций математического аппарата теории надежности отказы моделируют случайными событиями, для описания которых, используют случайные величины (числа). Эти случайные величины могут принимать либо дискретные значения (число отказов на заданном промежутке времени, число бракованных деталей в партии, число промахов и т.д.), либо принимать значения, непрерывно заполняющие некоторый промежуток (момент времени возникновения отказа, геометрический размер изготовленной детали, величина износа поверхности трения и т.д.). Эти отказы могут быть совместными или несовместными, зависимыми или независимыми. Отказы технических устройств могут зависеть или не зависеть от времени их работы до момента отказа. В связи с этим в технической литературе по надежности вводят понятия постепенного и внезапного отказа. При этом под постепенным отказом понимают отказ, у которого вероятность его возникновения в данный промежуток времени зависит от длительности времени его работы до этого момента времени. Эти отказы часто называют также «износными», вкладывая в этот термин изменение свойств изделия по мере его эксплуатации (износ поверхностей сопряжения, старение материалов, накопление усталостных повреждений и т.д.), а сами изделия называют «стареющими». Вместе с тем, надо иметь в виду, что у одного изделия по каким-то параметрам возможны постепенные (износные) отказы, а по каким-то – внезапные, а все постепенные отказы также по своей сути возникают внезапно в случайные моменты времени. Поэтому в этом случае было бы более правильно использовать термины, применяемые при описании потока случайных событий, и использовать, например, для постепенных отказов термин нестационарный поток отказов, а для внезапных – стационарный. На данном этапе надежность зависит от обоснованности и полноты требований конструкторской и технологической документации на показатели качества деталей, сборочных единиц и изделий в целом, технологических процессов изготовления и сборки деталей, методов контроля испытаний, возможностей управления технологическими процессами, соответствия оборудования и технологической дис-

циплины серийного завода опытно-экспериментальному заводу, а также других технологических показателей, таких как технологическая наследственность, взаимозаменяемость, стабильность параметров оборудования на серийном заводе и т.д. Пока летательные аппараты подвергались эксплуатационным нагрузкам небольшого уровня, делались из среднепрочных материалов, имели большие коэффициенты безопасности и небольшие ресурсы, статические расчеты и существующие технологии обеспечивали надежность изделий. Однако переход на высокопрочные материалы для обеспечения более высокой эффективности изделия показал, что такие материалы значительно более чувствительны к любым изменениям внешних воздействий как при эксплуатации, так и при изготовлении.

Важнейшей особенностью и отличием показателей надежности от других показателей качества является то, что их уровень выявляется только при эксплуатации, причем их значения нельзя измерить с помощью прибора на готовом изделии и указать, сколько времени осталось до наступления отказа. Надо отметить, что по некоторым частным направлениям диагностики (спектры акустической эмиссии, наличие частиц износа в смазках, визуальный контроль и т.д.) намечается прогресс в оперативной диагностике изделий по текущему состоянию. Приведенная общая схема отработки изделия на надежность конкретизируется в зависимости от вида летательного аппарата и опыта, накопленного в подразделении, обеспечивающем его выпуск.

Любое техническое изделие с позиций надежности может быть разбито на элементы, соединенные последовательно, параллельно или смешанно. Например, топливный бак ракеты имеет сварные швы, соединяющие обечайку с верхним и нижним днищем. С позиций надежности топливный бак может быть представлен как последовательное соединение элементов, описывающих безотказную работу обечайки, верхнего и нижнего днища, всех сварных швов на баке, так как с отказом любого из этих элементов отказывает весь отсек. С другой стороны, хвостовой отсек состоит из обшивки и большого числа стрингеров. Стрингеры как элементы, обеспечивающие надежность отсека, можно считать соединенными параллельно, так как с разрушением одного стрингера нагрузка, действующая на отсек, с помощью торцевых шпангоутов перераспределяется на неотказавшие стрингеры, и весь отсек не теряет работоспособность. Однако отказавший стрингер не является лишним, потому что без него надежность отсека уменьшается. Если при сжатии отсека допускается образование волны (частичная потеря устойчивости), то стрингеры и обшивку можно считать соединенными параллельно, если образование волны недопустимо, то соединение – последовательное. Конструктивные элементы могут быть зависимыми и независимыми. Примером зависимых элементов является пример со стрингерами, когда надо учитывать изменение надежности отсека при отказе одного из стрингеров. Если с определенным допуском такое изменение надежности можно не учитывать, тогда стрингеры можно счи-

тать независимыми элементами. Существует эффективный способ повышения надежности изделий за счет параллельного включения эквивалентных элементов [4]. Такой способ связан с резервированием. Сущность резервирования заключается в том, что в системах предусматриваются избыточные (резервные) агрегаты, детали, узлы, блоки, вступающие в работу при появлении неисправностей основных рабочих элементов. В летательных аппаратах имеется много примеров резервирования. Например, в самолетах предусматривается установка двух подкачивающих насосов в топливных системах, двух заборников топлива из баков, резервное питание тормозной системы, аварийный выпуск шасси и щитков закрылков, аварийное управление стабилизатором и т.д. Примерами резервирования являются также статически неопределимые силовые элементы конструкций планера, ракеты или космического корабля. Большое количество резервных элементов, агрегатов и блоков имеется в бортовом радио- и радиотехническом оборудовании летательного аппарата.

В жизненно важных системах летательных аппаратов, отказ которых угрожает безопасности полетов, резервированию уделяют особое внимание. Целесообразно структуру управления резервных систем в этих случаях строить по методу «пересиливания» или «подавления» отказавшего агрегата. Этот метод более надежен по сравнению с методом использования специальных систем для определения отказа элемента, его отключения и включения резервного. Кроме того, например, при отказе основной и резервной систем управления стабилизатором их система управления обеспечивает перестановку стабилизатора в посадочное положение [5].

Таким образом, важной задачей создания технологических систем производства летательных аппаратов является выявление наименее надежных элементов технологических систем и их совершенствование.

Список использованных источников

1. Острейковский, В.А. Теория надежности: учебник для ВУЗов. / В.А. Острейковский. – М. Высшая школа, 2003. – 463 с.
2. Вигдорчик, С.А. Технологические основы проектирования и конструирования самолетов: Конспект лекций. Часть II / С.А. Вигдорчик. – М.: МАИ, 1976. – 96 с.
3. Чумадин, А.С. Теоретические основы авиа- и ракетостроения (в конспектах лекций): учеб. пособие для вузов / А.С. Чумадин, В.А. Барвинков, В.И. Богданович [и др.]. – М.: Дрофа, 2005. – 784 с.
4. Yumashev, A.; Mikhaylov, A. Development of polymer film coatings with high adhesion to steel alloys and high wear resistance (2020) Polymer Composites. 41(7), pp. 2875-2880. doi: 10.1002/pc.25583
5. Беляев, Ю.К. Надежность технических систем: справочник/ Ю.К. Беляев, В.А. Богатырев, В.В.Болотин [и др.] / под ред. И.А.Ушакова. – М.: Радио и связь, 1985. – 608с.

ENSURING THE RELIABILITY OF THE AIRCRAFT

R.V. Nirusin¹, A.L. Zolkin², E.D. Semenov³

¹*Aviation complex of military unit 26473, Russia*

²*Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics (PGUTY),
Samara, Russia*

³*Tomsk Polytechnic University,
Tomsk, Russia*

The main indicators that characterize the quality of modern products are reviewed in the article. Currently, the science of reliability has been defined as an independent branch of knowledge due to its versatility and importance. It studies the patterns of changes in the quality indicators of technical devices and, on the basis of this, develops methods that provide the necessary duration and reliability of their work with the least cost of time and money. The main sections of the science of reliability are: theory of physical and chemical aging, physics of failures, mathematical theory of reliability, methods of design and reliability calculation methods, technological methods for ensuring of reliability, economics of product reliability.

Key words: product feature, effectiveness, product quality, reliability, engineering product, aircraft.

УДК 656. 132

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОЛИМЕРНЫХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В САМОЛЕТОСТРОЕНИИ

Р.В. Нирусин¹, А.Л. Золкин², Е.Д. Семенов³

¹*Авиационный комплекс в/ч 26473, Россия*

²*ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики»,
г. Самара, Россия*

³*ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский
политехнический университет» (ТПУ),
г. Томск, Россия*

В данной статье рассмотрены технологические аспекты развития использования композитных материалов в самолетостроении на современном этапе развития общества. Авиастроение является одной из высокотехнологичных отраслей промышленности, где современные полимерные и

композиционные материалы играют решающие роли. В своё время именно полимерные материалы позволили самолетам подняться на высоту 10 тысяч метров. В связи с этим в развитии композитных и полимерных материалах будущее всей авиации мира.

Ключевые слова: авиастроение, самолеты, авиационная отрасль, промышленность, композитный материал, конструкции, форма, прочность.

Развитие современной техники требует новых конструкционных материалов, превосходящих по своим прочностным, упругим и другим свойствам традиционные. К числу наиболее интересных и перспективных относятся полимерные материалы (пластики, эластомеры, волокна), и в первую очередь наполненные. Конструкционные полимерные материалы все чаще применяют в современном машиностроении, причем их используют в тех случаях, когда ни один другой материал не отвечает все более возрастающим требованиям новой техники. В настоящее время полимеры и материалы на их основе серьезно потеснили такие основные конструкционные материалы, железобетон, металл, дерево. Возможности полимерных материалов чрезвычайно широки благодаря многообразию полимеров и наполнителей, неисчерпаемой вариабельности составов композитов на их основе и методов их модификации. Основным технологическим приемом получения полимерных композитов длительное время являло механическое смешение наполнителя и полимерной матрицы. Полимеризационное наполнение – химическая прививка катализатора либо инициатора к поверхности наполнителя и последующая полимеризация или сополимеризация мономеров на этих поверхностях – возможно, открывает новую страницу в химии и технологии композитов. Развитие технологии композиционных полимерных материалов в настоящее время определяется научными исследованиями в области полимерного материаловедения, поскольку проблема взаимодействия наполнителей и матриц весьма многогранна. Современный человек сталкивается с полимерными материалами не только в технике, но и в повседневной практике, поэтому знание основных свойств этих материалов и умение правильно использовать их постепенно становятся необходимыми все более широкому кругу людей [1].

Для обеспечения безопасности полетов конструкция самолета должна быть достаточно прочной в эксплуатации в течение всего срока службы самолета.

Под прочностью конструкции понимают ее способность воспринимать без разрушения нагрузки, действующие в процессе эксплуатации. Жесткость конструкции характеризуется способностью ее деформироваться под действием внешних нагрузок. В авиационной технике из-за особенностей эксплуатации предъявляются высокие требования к материалам. Материалы, применяемые для конструирования летательных аппаратов, должны обеспечивать необходимую прочность и жесткость конструкции, должны обладать атмосферостойкостью. При этом материал должен

предусматривать возможность изготовления изделия сложной формы и по возможности без дополнительных крепежных элементов, увеличивающих массу самолета.

Композиционные материалы, благодаря своим качествам (высокая удельная прочность, возможность управления структурой и формообразованием изделий практически любой геометрии, легкость комбинирования с разными материалами), нашли широкое применение в самолетостроении.

Развитие самолетостроения связано с непрерывной борьбой за снижение веса конструкции. Снижение веса конструкции можно добиться рациональным выбором материалов и силовых схем, применением рациональных технологических процессов, а также за счет уточнения нагрузок, действующих на конструкцию [2].

Выбирая материалы для силовых элементов конструкции, учитывают его механические и теплофизические характеристики, удельный вес, коррозионную стойкость, стоимость и дефицитность сырья, а также возможность обработки материала современными производственными процессами.

Выбор материала зависит также от размера и формы конструктивного элемента и условий, в которых он работает под нагрузкой. Эти условия характеризуются следующим:

- величиной, направлением и продолжительностью действия нагрузки;
- максимальной температурой;
- видом нагрузки (постоянная, плавно изменяющаяся, ударная, циклическая);
- наличием концентрации напряжения и др.

Повышенная по отношению к традиционным металлическим конструкционным материалам удельная прочность и жесткость композиционных материалов определяется свойствами упрочняющего волокна – наполнителя. В названии многих композиционных материалов заложены типы наполнителей и связующих: углепластики, стеклопластики, органопластики и прочие материалы. Первое слово характеризует тип наполнителей: углеродные, стеклянные, а также другие волокна и ткани, а второе – типы связующего: пластики на основе различных смол или специальных клеев [3].

Главной особенностью создания конструкции из композитных материалов, в отличие от традиционного использования металлов, является то, что процесс проектирования изделия начинается с создания самого материала. При этом свойства материала формируются в процессе производства конкретной конструкции.

Ожидается, что широкое применение композиционных материалов будет способствовать:

- снижению веса планера самолета до 15 %;
- повышению топливной эффективности;

- повышению ресурса;
- уменьшению эксплуатационных расходов до 10 % и расходов на техническое обслуживание до 30 % (так как требуется меньшее число осмотров конструкции) за счет большей коррозионной стойкости и большего ресурса композиционных материалов по сравнению с металлами;
- уменьшению количества деталей в конструкции и, соответственно, снижению трудоемкости и стоимости сборки. Но имеется и слабое место полимерных композитов – ударная прочность. После удара в детали из композиционного материала образуются микротрещины, которые при циклических нагрузках приводят к расслоению материала [4]. Для того чтобы полимерные композиты лучше «держали удар», разрабатывают специальные составы связующих, в состав термореактивных матриц вводят термопласты или используют термопластичные матрицы. Если композитная деталь ломается, ее нужно полностью заменять новой. Есть технологии ремонта, но они не очень надежны, и в авиации ремонт применяют редко: после него деталь редко может пройти квалификацию. Чтобы следить за появлением трещин, необходима сложная диагностика. Например, в композит встраивают оптоволоконные датчики: в режиме онлайн можно своевременно определять целостность структуры материала.

Кроме того, углепластики, в отличие от металла, горят, и при этом выделяются ядовитые вещества, люди могут задохнуться дымом, поэтому в интерьерах используются пластики с низкой горючестью, в состав которых входят специальные добавки – антипирены [5].

Тем не менее, работы в перспективном направлении продолжаются. Разрабатываются и внедряются новые виды композитов. Создаются новые образцы авиационной техники с широким применением таких материалов – в том числе и соответствующие передовым мировым идеям. Принимаются меры, направленные на развитие отрасли, подготовку специалистов и т.д.

Авиационная техника, построенная с применением композитов, уже производится серийно; также готовится выпуск новых образцов. Многие еще только предстоит сделать, и все это связано с различными трудностями. Однако работы продолжаются и дают повод для оптимизма. Композиционные материалы прочно вошли в практику, и теперь делается все для развития этого направления, прямо влияющего на успехи других отраслей. Ведущее место в капиталистическом мире по разработке композиционных материалов и их использованию в конструкциях летательных аппаратов (особенно военного назначения) принадлежит США, где темпы работ и этой области непрерывно растут. Если в 1958 году на НИОКР по созданию таких материалов Пентагону было выделено 400 тыс. долларов, то к 1967 году расходы по той же статье поставили около 11 млрд. долларов. Координацию проводимых исследований (применительно к авиационным конструкциям) осуществляет лаборатория материалов ВВС США и НАСА. Лаборатория материалов занимается оценкой эффективности применения

композиционных материалов к конструкции военных самолётов. В настоящее время по контрактам с ВВС и программам, финансируемым крупными авиастроительными фирмами, производится и испытывается большое количество элементов конструкции самолётов и вертолётот из композиционных материалов [6].

Список использованных источников

1. Зайцев, В.Н., Рудаков В.Л. Конструкция и прочность самолетов: Учебник. Киев, 1978. – 488с.
2. Одинокот, Ю.Г. Расчет самолета на прочность: Учебное пособие. – М.: Машиностроение, 1973. – 392 с.
3. Баженов, С.Л, Берлин А.А, Кулькоа А.А, Ошмян В.Г. Полимерные композитные материалы. Прочность и технологии. – М.: Изд-во Интеллект, 2009. – 352 с.
4. Yumashev, A.; Mikhaylov, A. Development of polymer film coatings with high adhesion to steel alloys and high wear resistance (2020) Polymer Composites. 41(7), pp. 2875-2880. doi: 10.1002/pc.25583
5. Бондалетова, Л.И, Бондалетов В.Г. Полимерные композиционные материалы: Учебник. – Томск, 2013. – 118 с.
6. Композиционные материалы в авиастроении. URL: <http://www.zvo.su/VVS/kompozicionnye-materialy-v-aviastroenii.html>

PROSPECTIVES FOR THE DEVELOPMENT OF POLYMER AND COMPOSITE MATERIALS IN THE AIRCRAFT INDUSTRY

R.V. Nirusin¹, A.L. Zolkin², E.D. Semenov³

¹*Aviation complex of military unit 26473, Russia*

²*Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics (PGUTY), Samara, Russia*

³*Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia*

Technological aspects of the development of the use of composite materials in aircraft construction at the present stage of society development are reviewed in the article. The aircraft industry is one of the high-tech industries where modern polymer and composite materials play a decisive role. At one time, it was polymer materials that allowed plane to get off the ground to an altitude of 10 thousand meters. In this regard, the development of composite and polymer materials is the future of all the world aviation.

Key words: aircraft, planes, aviation industry, industry, composite material, structures, shape, strength.

ВЛИЯНИЕ И МЕТОДЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КОРРОЗИИ НА ВОЗДУШНОМ СУДНЕ

Р.В. Нирусин¹, А.Л. Золкин², Е.Д. Семенов³

¹Авиационный комплекс в/ч 26473, Россия

²ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики»,
г. Самара, Россия

³ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический
университет» (ТПУ),
г. Томск, Россия

Обнаружение и разработка эффективных мер борьбы с коррозией авиационных материалов и конструкций является одним из важнейших направлений обеспечения безопасности, высокой эксплуатационной надежности и экономичности современной авиационной техники является одним из современных направлений в развитии авиации на данном этапе развития самолетостроения.

Ключевые слова: влияние коррозии, характер коррозии, развитие коррозии, защитные противокоррозионные покрытия, применение лакокрасочных покрытий.

Проблема оценки влияния коррозионных поражений планера воздушного судна (ВС) на летную годность относится к достаточно сложной научно-технической задаче, для решения которой необходим системный подход. На этапе проектирования ВС проводится анализ конструкции планера по условиям коррозии, прогноз размеров и видов возможных коррозионных повреждений, оценка допустимых размеров по условиям прочности, формирование программы контроля и предупреждения коррозии. В процессе эксплуатации ВС способы борьбы с коррозией планера основываются на анализе параметров эксплуатационных коррозионных поражений, уточнении их влияния на прочностные характеристики конструкции планера, корректировки начала и периодичности осмотров. В мировой практике ведущие авиационные фирмы при формировании стратегии технического обслуживания (ТО) ВС разрабатывают мероприятия по борьбе с коррозионными поражениями, которые отражаются в программе контроля и предупреждения коррозии, программе зонных осмотров, программе для стареющих самолетов. Программа контроля и предупреждения коррозии разрабатывается уже на ранней стадии эксплуатации ВС в целях обеспечения летной годности ВС по условиям коррозии в результате ухудшения технического состояния из-за химических взаимодействий или воздей-

ствия внешней среды. Для длительно эксплуатируемых ВС при достижении определенного срока службы вступает в силу программа для стареющих самолетов, в рамках которой предусмотрены дополнительные процедуры, обеспечивающие безопасность эксплуатации ВС[1].

Коррозионные поражения летательных аппаратов весьма различаются и зависят от условий, местности и характера эксплуатации, где базируются аэродромы (сельский или промышленный район, районы повышенной влаги и больших осадков), на которых находится техника; условий, в которых эксплуатируются детали и агрегаты внутри конструкции летательного аппарата; длительности эксплуатации; качества ухода за техникой и деталями и др.

Наиболее часто коррозия возникает на обшивках летательных аппаратов, базирующихся на аэродромах, находящихся вблизи зон с повышенной влаги и прибрежных районах.

Атмосфера в этих местах поражена промышленными газами (SO_2 ; NO_2 ; NH_3 ; HCL), угольной пылью, частицами солей и др. Особенно подвержены коррозии заклепочные соединения, места запилов, головки болтов, места металлизации и др. Коррозионные поражения на поверхностях обшивок летательных аппаратов носит в основном точечный характер, иногда сопровождается и другими поражениями коррозии.

Коррозионные поражения наблюдаются также на внешних поверхностях обшивки, особенно из прессованных панелей (они не плакированы), на которые попадают выхлопные газы. Верхние поверхности обшивок самолетов и вертолетов находятся в лучших условиях, чем нижние. Это объясняется тем, что осевшая на них роса, влага после дождя или сконденсировавшаяся после посадки, улетучивается относительно быстро. Этому способствует температура воздуха, ветер. Нижние же – из-за незначительного расстояния от земли увлажнены практически постоянно за счет испарения влаги из почвы.

В коррозионном отношении внутренние поверхности летательных аппаратов находящиеся внутри конструкций детали работают в более тяжелых условиях, чем поверхностные, что объясняется долгой задержкой влаги внутри изделий и деталей, узлов и агрегатов. Влага попадает на внутренние поверхности при выпадении осадков или при промывке техники через имеющиеся не плотности в стыках обшивок, она также конденсируется из воздуха после посадки самолета вследствие резкого перепада температур.

В более неблагоприятных условиях находятся внутренние поверхности обшивки и детали внутреннего набора под полом гермокабин.

Здесь длительно задерживается сконденсировавшаяся влага, она загрязняется и становится коррозионно-активной. Загрязнение воды под полом гермокабины случается больше всего из-за недостаточной герметичности полов и стыковых соединений туалетов и неисправности коммуникации санузлов. Эти жидкости весьма опасны, особенно в отношении

алюминиевых сплавов и их примесей. Влага и конденсат долгое время задерживается также на нижних и внутренних поверхностях в случае неудачного расположения или засорения дренажных отверстий для отвода влаги из элементов конструкции, а также при отсутствии при возможности проветривания и продувки подпольного пространства теплым воздухом.

Возникновению коррозии в подпольной части пассажирских и грузовых кабин самолетов также оказывают помощь зазоры и щели и стыковые соединения, образующиеся в местах соединения элементов жесткости (стрингеров, шпангоутов и др.) с внутренней поверхностью обшивки планера, где влага и конденсат сохраняются на долгое время. Особенно быстро возникает развитие коррозии в зазорах и щелях, образованных при контакте деталей из разнородных сплавов и металлов, например из алюминиевых и магниевых сплавов, алюминиевых сплавов и стали и т.п. Из-за указанных и других причин в подпольном пространстве пассажирских кабин без надлежащей защиты может возникнуть большая область коррозии.

В тяжелых в коррозионном плане условиях находятся ниши аккумуляторных батарей, что объясняется возможным попаданием (по различным причинам) на стенки и детали ниши весьма агрессивных рабочих жидкостей, используемых в аккумуляторах (кислота, щелочь).

В жестких коррозионных условиях находится авиация. Применяемые ими для подкормки растений и борьбы с сорняками и сельскохозяйственными вредителями ядохимикаты весьма агрессивны. В процессе загрузки их в машины, а главным образом при распылении, они попадают на наружные и внутренние поверхности машин и при недостаточной или плохой защите, особенно в местах соединения обшивки с элементами укрепления конструкции (стрингеры, шпангоуты и др.), вызывают значительную коррозию. Применение для нового поколения самолетов негорючей жидкости НГЖ-4 усложнило противокоррозионную защиту внутренней поверхности. Жидкость сама по себе не является коррозионно-активной, но очень агрессивна к большинству видов лакокрасочных покрытий. Последнее, даже при кратковременном контакте с жидкостью, легко разрушаются и перестают нести защитные функции. Разрушение покрытия особенно опасно в щелях под внутренним набором, поскольку его восстановление в этих зонах практически невозможно. Наиболее распространенными методами предохранения металлов и сплавов от коррозии является создание на их поверхности защитных покрытий [2]. По виду материалов, из которых состоят защитные покрытия, их можно разделить на следующие группы:

- 1) металлические (гальванические);
- 2) неорганические неметаллические (окисные, фосфатные и т.п.), органические (лакокрасочные).

Из всех видов защитных противокоррозионных покрытий наибольшее распространение получило применение лакокрасочных покрытий в сочетании с неорганическими. Применение лакокрасочных покрытий является наиболее доступным способом защиты металлических и неметалли-

ческих изделий от коррозии и разрушений. Они весьма выгодно отличаются от других защитных покрытий сравнительно низкой стоимостью и простотой технологии их получения.

Кроме защиты от коррозии металлических материалов и разрушения неметаллических, лакокрасочные покрытия придают летательным аппаратам красивый внешний вид, отражают солнечные лучи, что позволяет уменьшить нагрев пассажирских кабин при стоянке летательных аппаратов на аэродромах в летнее время года [3].

Список использованных источников

1. Улиг, Г. Г., Ревя П. У. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику: Пер. с англ. / Под ред. А.М. Сухотина. – Л.: Химия, 1989. – 456 с.: ил.

2. Yumashev, A.; Mikhaylov, A. Development of polymer film coatings with high adhesion to steel alloys and high wear resistance (2020) Polymer Composites. 41(7), pp. 2875-2880. doi: 10.1002/pc.25583

3. Денкер, И.И., Владимирский В.Н.. Технология окраски самолетов и вертолетов гражданской авиации. – 2-е изд, перераб. и доп. – Москва: Машиностроение. – 128 с.: ил.. 1988.

INFLUENCE AND METHODS OF CORROSION PREVENTION AT THE AIRCRAFT

R.V. Nirusin¹, A.L. Zolkin², E.D. Semenov³

¹*Aviation complex of military unit 26473, Russia*

²*Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics (PGUTY),
Samara, Russia*

³*Tomsk Polytechnic University,
Tomsk, Russia*

Problems of detection and development of effective measures on aviation materials and structures corrosion control are reviewed in the article as the most important areas of safety, high operational reliability and efficiency of modern aviation technology. These directions are one of the main modern directions in the development of aviation at this stage of the development of aircraft industry.

Key words: impact of corrosion, corrosion pattern, corrosion propagation, corrosion protection coatings, application of paints and coatings.

АДДИТИВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ИЗДЕЛИЙ ИЗ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ КЕРАМИКИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Н.М. Сгонов

ООО «ЭНЕРГОАВАНГАРД»,
г. Москва, Россия

Темпы внедрения аддитивных технологий на отечественные предприятия увеличиваются с каждым годом, а сами технологии становятся все более изученными и понятными. В основном это относится к изготовлению изделий из металла и пластика. Однако про аддитивное производство изделий из керамики мало кому известно в России, несмотря на то, что это направление активно развивается за рубежом и пользуется большим спросом.

Ключевые слова: 3D-печать, аддитивное производство, керамика.

Основной целью доклада является ознакомление с технологией LCM (Lithography-based Ceramic Manufacturing) - производством изделий из керамики методом послойного синтеза, а также возможными сферами ее применения.

Процесс изготовления заключается в следующем: CAD-модель изделия в специальном программном обеспечении разрезается на 2D-слои и отправляется в систему послойного синтеза. С помощью системы подачи материала керамическая суспензия (смесь керамического порошка и связующего на основе фотополимера) поступает в ванну, где равномерно распределяется по поверхности с помощью рекоутера. Далее платформа построения опускается в ванну до полного соприкосновения. Снизу находится проектор ультрафиолетового излучения, который выборочно засвечивает сечение CAD-модели до момента фотополимеризации суспензии. Затем платформа поднимается, суспензия заново разравнивается с помощью рекоутера, платформа построения опускается и процесс повторяется до полного выращивания изделия.

Полученная «green-модель» в дальнейшем проходит традиционные этапы постобработки: дебайдинг (удаление связующего) и спекание для уплотнения керамических частиц и получения требуемых характеристик конечно изделия.

Обработка керамики и контроль являются основными составляющими в балансе стоимости керамических изделий. По некоторым данным, стоимость исходных материалов составляет всего лишь 11 % (для метал-

лов 43 %), в то время как на обработку приходится 38 % (для металлов 43 %), а на контроль 51 % (для металлов 14 %).



Рисунок 1 – Принципиальная схема LCM-технологии компании Lithoz: 1) платформа построения; 2) ванна с суспензией; 3) оптическая система; 4) LED-проектор.

Отсутствие пластичности, высокая твердость, склонность к растрескиванию, низкая стойкость к тепловым ударам осложняют механическую обработку керамических материалов. Особенно сложно организовать процесс высокоточной обработки изделий из керамики на серийном и массовом производстве. Технология LCM позволяет уйти от трудоёмкого процесса механической постобработки, что позволяет сократить как финансовые затраты, так и временные.

Основными преимуществами данной технологии является получение изделий со сложной геометрией, которые нельзя получить традиционными методами. Речь идет о сетчатых структурах, внутренних каналах и отверстиях до 0.50 мм, тонких стенках до 0.10 мм, элементов сложной конфигурации, а также достижение точности изготовления до 20-40 мкм. При этом нет необходимости изготавливать дорогостоящую оснастку, что значительно снижает себестоимость продукции. В итоге время на проведение НИР и НИОКР сокращается в разы, что позволяет выводить на рынок инновационную конкурентоспособную продукцию в кратчайшие сроки.

Список используемых источников

1. Johannes Homa. A Novel Additive Manufacturing Technology for High-Performance Ceramics, 2014.
2. W. Kollenberg, A. Kindtner, and M. Kindtner, Rapid Prototyping of Ceramic Components, *Keram. Z.* 58 (2006) 76–79.

3. W. Kollenberg, Technical Ceramics, second ed., Vulkan, Essen, 2009.

4Романов, М.К., Журавлева Л.И. Анализ технологической и экономической целесообразности применения аддитивных технологий при изготовлении керамических деталей // Стекло и керамика. – 2019. – № 9.

ADDITIVE MANUFACTURING OF HIGH-PERFORMANCE CERAMIC PRODUCTS IN INDUSTRY

N.M. Sgonov

*LLC «ENERGOAVANGARD»,
Moscow, Russia*

The pace of introduction of additive technologies to domestic enterprises is increasing every year, and the technologies themselves are becoming more and more studied and understood. This mainly applies to the manufacture of metal and plastic products. However, few people know about the additive manufacturing of ceramic products in Russia, despite the fact that this area is actively developing abroad and is in great demand.

Keywords: 3D printing, additive manufacturing, ceramics.

УДК 621.357.74:76

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО МАТЕРИАЛА

В.А. Скрыбин, Н.А. Шевелев

*ФБГОУ ВО «Пензенский государственный университет»,
г. Пенза, Россия*

В статье проведен обзор и принципы построения оборудования для измельчения материалов. Проведенная систематизация основных типов и принципов построения оборудования для измельчения материалов и анализ результатов экспериментальных исследований, содержащийся в научной литературе, позволила сделать вывод о том, что для избирательного измельчения метод, использующий деформацию сдвига (среза) и сжатия, наиболее эффективны вальцовые мельницы как по количеству извлекаемых промежуточных продуктов, так и по их качеству.

Ключевые слова: принципы построения, оборудование, измельчение материалов, экспериментальные исследования, вальцовые мельницы.

Для получения мелкодисперсного материала, различного по своей структуре, и для получения наиболее мелких фракций наиболее эффективны вальцовые мельницы [1,2]. Преимущество вальцовых станков обуславливается их способностью разделять по фракциям обрабатываемый продукт. Учитывая избирательность процесса измельчения, появляется возможность получить максимальный выход наиболее ценной части мелкодисперсного материала. Эти станки позволяют проводить избирательное измельчение и обеспечивают получение продукта необходимого качества как по размерам частиц, так и по его составу. Именно это обстоятельство явилось решающим при выборе принципа работы мукомольных мельниц, разработанных и успешно выпускаемых на протяжении десяти лет предприятиями города Пензы: ОАО «Пензтекстильмаш» и ОАО «Пензмаш».

Эффективность измельчения в вальцовых станках определяется типом помола, структурно-механическими и технологическими свойствами мелкодисперсного материала, кинематическими и геометрическими параметрами парноработающих вальцов и нагрузкой на машину. В связи с этим наибольшее распространение получили именно вальцовые мельницы.

Преимущество, которым обладают только вальцовые мельницы, заключается в том, что существует, возможно, получения материала заданного качества. Это достигается вследствие ряда причин:

1) происходит дозированная подача мелкодисперсного материала в межвальцовый зазор, где осуществляется процесс измельчения, распределенный по всей длине вальцов;

2) вследствие определенного установленного зазора и последующего просеивания появляется возможность отделения (отшелушивания) верхних слоев мелкодисперсного материала и их отсеивания, так как они обладают свойствами, которые при дальнейшем измельчении вместе с основным мелкодисперсным материалом ухудшают качество. Основной задачей при измельчении определенных мелкодисперсных материалов является удаление поверхностных слоев частиц.

3) при дальнейшем избирательном измельчении происходит разделение продукта по фракциям, состоящим из частиц определенных размеров.

Важнейшим узлом, влияющим на параметры качества вырабатываемого вальцовыми мельницами продукта, являются рабочие вальцы, изготовленные из отбеленного чугуна. Прежде всего, на параметры качества продукта влияет межвальцовый зазор, постоянство его поддержания в процессе помола и параметры поверхности вальцов. Непрерывный контроль этих параметров и поддержание их заданных значений в процессе функционирования мельницы в значительной степени являются гарантией качества работы.

Наиболее ценной информацией о работе вальцового станка, следует считать ту, которая позволяет выявлять отклонения процесса измельчения в рабочей зоне от нормального и устанавливать причины этих отклонений.

В практике используется виброакустический способ диагностирования. Его удобно и целесообразно применять при разработке машин на различных этапах. Однако этот метод является косвенным, обладает низкой точностью и не позволяет дифференцировать дефекты. Наиболее достоверным способом получения информации является непосредственное измерение параметров изменения межвальцового зазора.

Так как рабочая поверхность валцов рифленая, а в процессе работы валцы вращаются, как правило, с разными частотами, то в таких условиях автоматизация прямого контроля состояния поверхности валцов и межвальцового зазора в процессе работы достаточно сложна и ведет к неоправданному увеличению сложности оборудования. Существенно более простым способом контроля является косвенная оценка этих параметров по расстояниям между валцевыми опорами.

Схема установки датчиков на валцевых опорах приведена на рисунке 4, где 1 – собственно датчики, установленные с двух сторон валцов, на уголках 2, укрепленных на подвижной 3 и неподвижной 4 опорах. Такое крепление датчиков позволяет исключить влияние рифления на показания. Использование двух датчиков обеспечивает возможность контроля взаимного расположения валцов, что особенно важно при контроле мельниц с непараллельно устанавливаемыми валцами.

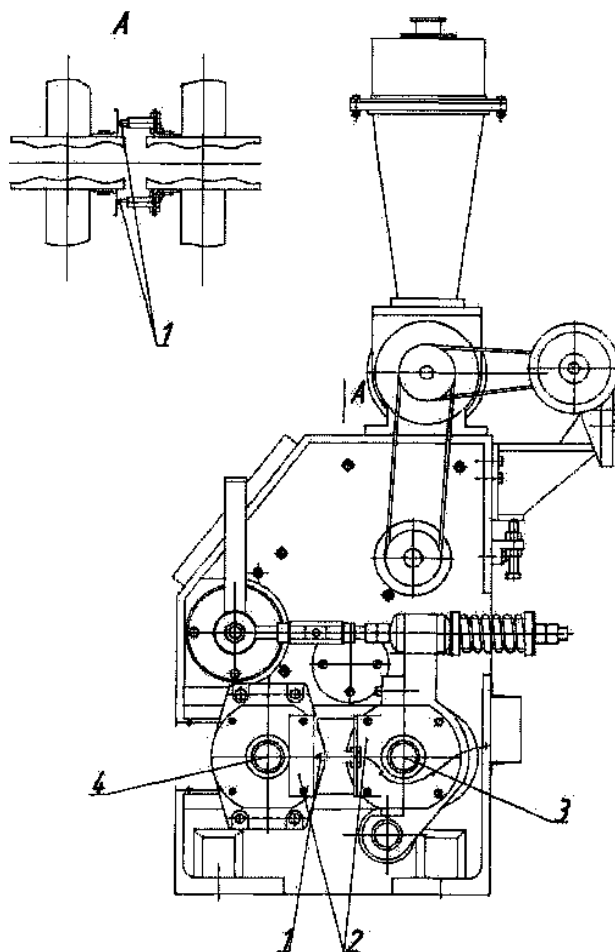


Рисунок 1 – Схема установки датчиков в валцевом станке

Дополнительная погрешность измерения межвальцового зазора, вызванная установкой датчиков на опорах валцов, достаточно просто устраняется периодической тарировкой, которая должна быть предусмотрена в измерительной системе. С другой стороны, такое крепление датчиков позволяет провести контроль некоторых дополнительных параметров.

Рассмотрим подробнее, какие параметры могут быть оценены путем анализа изменения во времени сигнала с датчиков, считая, что проблемы с их тарировкой после установки в мельнице решены.

В статическом режиме, пока валцы не вращаются, показания датчиков можно использовать для установки заданных значений зазора, в том числе и при установке валцов с линейно изменяющимся по длине зазором. В последнем случае точность установки зазора может быть даже выше, чем при использовании обычных щупов, так как при их применении возникает погрешность установки, связанная с местом размещения щупов по длине зазора.

При работе мельницы среднее значение показаний датчиков за время, равное или кратное продолжительности полного цикла вращения валцов, характеризует значение зазора у каждой из опор. Возрастание амплитуды и дисперсии показаний датчиков в процессе эксплуатации оборудования свидетельствует об уменьшении жесткости пружин в креплении подвижного вальца и появлении люфтов в механизме крепления, причем за счет двух датчиков можно конкретизировать, в какой из опор появился дефект.

Изменение периода выходного сигнала датчика может служить индикатором износа элементов привода вращения, а нестабильность периода свидетельствует о появлении в этом механизме проскальзывания.

Выводы. Таким образом, предложенная методика получения информации позволяет проводить оперативное диагностирование важнейших параметров размольной системы в процессе работы мельницы. Информация о текущем значении зазоров может быть использована для автоматического поддержания их заданного значения.

Список использованных источников

1. Скрябин, В.А. Совершенствование технологии измельчения мелкодисперсного исходного продукта на мукомольном оборудовании / В.А. Скрябин, А.Г. Схиртладзе, Н.А. Шевелев Ремонт, восстановление, модернизация. – Москва: «ООО Наука и технологии», 2020. – №8. – С. 7 – 20.
2. Гарабажиу, А.А. Эиергосберегающая роторно-центробежная мельница для тонкого помола сыпучих и кусковых материалов / А.А. Гарабажиу, Э.И. Левданский, А.Э. Левданский // Известия НАН Беларуси. Серия физ.-техн. наук. 2000. – № 2. – С. 125-131.

EQUIPMENT FOR THE PRODUCTION OF FINE POWDER OF THE MATERIAL

V.A. Skryabin, N. A. Shevelev

*Penza State University,
Penza, Russia*

The article provides an overview and principles of construction of equipment for grinding materials. The systematization of the main types and principles of construction of equipment for grinding materials and the analysis of the results of experimental studies contained in the scientific literature allowed us to conclude that for selective grinding, the method that uses shear (shear) and compression deformation is the most effective roller mills both in terms of the amount of intermediate products extracted and their quality.

Keywords: principles of construction, equipment, grinding of materials, experimental studies, roller mills.

УДК 621.923

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЛОГИСТИКА

В.А. Скрыбин, ЕА. Демидов

*ФБГОУ ВО «Пензенский государственный университет»,
г. Пенза, Россия*

В статье проведен обзор основных понятий, которая, являясь одной из функциональных подсистем интегрированной логистики, включает вопросы организации и управления движением материальных ресурсов непосредственно между стадиями производственного процесса, включая подачу сырья и материалов а также деталей на рабочие места.

Ключевые слова: основные понятия, производственная логистика, подсистемы интегрированной логистики, производственный процесс, рабочие места.

Логистика как область научных знаний – это наука (теория, методология) о системной рационализации управления процессами развития организационных систем с целью повышения их эффективности (организованности) на основе синхронизации, оптимизации, интеграции потоков и посредством устранения внутрисистемных и межсистемных конфликтов,

преобразуемых во взаимовыгодные компромиссы корпоративного сотрудничества для повышения конкурентоспособности фирмы.

Логистика – это наука и практика о планировании, управлении и контроле за движением **материальных**, энергетических, информационных, сервисных, финансовых и людских (рабочей силы) ресурсов в пространстве и во времени в различных системах, с точки зрения семи правил логистики: нужное сырье, материалы, детали, заготовки, изделия в определенном количестве и качестве должны быть доставлены в нужное место и время конкретному потребителю и с минимальными затратами).

Если иметь в виду, что планирование здесь не является одной из основных функций управления, а отражает процесс планирования от формирования миссии, цели и стратегии развития организации до текущего и оперативного планирования. С другой стороны, в этом определении контроль – это не сопоставление плана с фактом, а процесс непрерывного мониторинга сначала за покупателем, затем за процессами распределения продукции, производства, закупки, поведения поставщиков и развития конкурирующих фирм. В этом определении внимание концентрируется не только на материальном потоке, но и других.

Материальный поток (МП) в производственной системе – есть движение материальных ресурсов в пространстве и во времени между стадиями производственного процесса. Упорядочением такого движения, его рациональной организацией занимается производственная логистика.

Таким образом, **производственная логистика (ПЛ)**, являясь одной из функциональных подсистем интегрированной логистики, включает вопросы организации и управления движением материальных ресурсов непосредственно между стадиями производственного процесса, включая подачу сырья и материалов на рабочие места. То есть, в узком смысле, занимается планированием, организацией и управлением внутрипроизводственной транспортировкой, буферизацией (складированием), и поддержанием запасов (заделов) сырья, материалов и незавершенного производства производственных процессов стадий заготовки, обработки и сборки готовой продукции (ГП), в целом представляющая собой **регулирование производственного процесса** в пространстве и во времени.

Цель производственной логистики заключается в обеспечении своевременного, ритмичного и экономичного движения материальных ресурсов между стадиями и рабочими местами основного производства, в соответствии с **планами производства и реализации ГП** или **заказами потребителей**.

Для обеспечения основной цели **ПЛ** необходимо в комплексе решать задачи планирования, организации и оперативного управления движением материального потока не только в основном производстве, но и во вспомогательном и обслуживающем производствах. К вспомогательному процессу относят процедуры закупки, производства и подачи на рабочие места технологической оснастки, запасных частей производственного и обслу-

живающего оборудования, подачу электроэнергии, газа, воды, пара, смазывающих материалов и т.д. Обслуживающие процессы связаны в основном с транспортными и складскими операциями.

Взаимосвязанными являются также вопросы организации и управления движением рабочей силы (основных производственных и вспомогательных рабочих), поскольку основная дилемма оптимизации затрат на производство заключается в определении компромисса между обеспечением непрерывности загрузки работников и рабочих мест, и обеспечением непрерывности движения предметов труда в производстве.

Производственная логистика занимается оперативным планированием и управлением МП в производстве **интегрировано** и в сочетании с процессами снабжения и сбыта.

Современное понимание логистики не только как методологии управления материальными и сопутствующими потоками, но и как концепции системной рационализации управления потоковыми процессами в промышленной организации, предполагает постепенное развитие и формирование **интегрированных систем управления**, построенных на принципах синхронизации, оптимизации и интеграции всех процессов, происходящих в организации.

Современные интегрированные системы управления позволяют полностью автоматизировать управление на промышленных предприятиях, в том числе интегрировать в этот процесс проектирование новой продукции и управление ее жизненным циклом, управление гибкими производственными системами и роботизированными комплексами, управление материальным потоком в снабжении, производстве и сбыте, связями с поставщиками и потребителями в логистических системах более высокого порядка, и т.д. Основные вопросы информационной интеграции логистики рассмотрены в информационной логистике.

Работа подобных интегрированных систем возможна только в рамках информационной среды, поддерживаемой мощными и производительными ЭВМ.

Сущность производственной логистики в интегрированном управлении предприятием заключается в создании условий оптимального, эффективного и результативного протекания производственного процесса в пространстве производственной системы и во времени.

Объем темы не позволяет рассматривать весь комплекс вопросов, решаемых производственной логистикой. Поэтому, структура темы построена таким образом, чтобы дать общее представление о сущности механизма производственного процесса и современных тенденциях в области организации, планирования и управления материальными и сопутствующими потоками в производстве.

Современные тенденции рынка к индивидуализации выпускаемой продукции выдвигают на первый план вопросы организации и управления мелкосерийным и единичным типами производств. Соответственно, при

описании основных методов производственного планирования акцент сделан на удовлетворение современных потребностей науки и практики организации производства, то есть рассмотрение базовых методов планирования в основном не поточного мелкосерийного и единичного производств.

Процесс адаптации к рыночным условиям требует формирования теоретических и практических возможностей осуществления следующих мероприятий:

- достижение высокой степень интеграции внутри предприятия и между ее поставщиками и потребителями;
- повышение гибкости и адаптивности производства к конъюнктуре рынка;
- сокращение длительности производственного цикла;
- резервирование производственных мощностей и отход от максимизации ее загрузки;
- сокращение всех видов запасов;
- универсализация оборудования;
- устранение брака;
- изготовление продукции на заказ и т.д.

Список использованных источников

1. Дроздов, П. А. Основы логистики в АПК / П.А. Дроздов. – Москва: Издательство Гревцова, 2013. – 288 с.
2. Лукинский, В. С. Логистика и управление цепями поставок / В.С. Лукинский, В.В. Лукинский, Н.Г. Плетнева. – Москва: Юрайт, 2016. – 360 с.

PRODUCTION LOGISTICS

V.A. Skryabin, E.A. Demidov

*Penza State University,
Penza, Russia*

The article gives an overview of basic concepts, which, being one of the functional subsystems of integrated logistics includes the organization and management of the movement of material resources directly between the stages of the production process, including raw materials and parts to work.

Keywords: basic concepts, production logistics, integrated logistics sub-topics, production process, jobs.

БАЗОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ BUSINESS INTELLIGENCE

С.В. Смольникова

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения»,
г Новосибирск, Россия*

С развитием информационных систем появляется все больше возможностей хранить и работать с большими объемами данных. И если сейчас хранением тысячи гигабайт данных уже никого не удивишь, то процесс анализа этих данных еще остается некоторой проблемой для многих компаний. В данной работе будут рассмотрены 5 базовых технологий Business Intelligence. Что такое бизнес-аналитика и как она применяется на практике? Какие инструменты для этого созданы? Что является основой хорошей аналитики? Эти вопросы освещены в данной статье.

Ключевые слова: Бизнес-аналитика, аналитика, большие данные, Business Intelligence, BI, базовые технологии, анализ.

В современном мире даже у маленьких фирм объем доступных данных с каждым днем быстро увеличивается. Если делать лет назад нашей проблемой была неспособность принимать правильные управленческие и технические решения из-за недостатка информации, то сегодня мы можем сказать, что это потому, что информации слишком много. Все больше людей, и особенно руководство фирмы, осознают важность различных технологий бизнес-аналитики и инструментов бизнес-аналитики, которую можно определить, как способность извлекать пользу из больших данных - из инструментов и методов для обнаружения, сбора и анализа цифровых данных. Какие технологии бизнес-аналитики следует учитывать лицам, принимающим решения, которые хотят улучшить бизнес-аналитику, при создании действенной бизнес-аналитики?

1. Хранилище данных

Хранилище данных или корпоративное хранилище данных - это система, которую можно использовать для анализа данных или с программным обеспечением для создания отчетов.

Основная цель хранилища данных - объединить данные из разных источников данных и типов источников данных. Основное преимущество использования хранилища данных заключается в том, что все связанные данные затем могут использоваться в разрозненных приложениях или в отдельном приложении. Это означает, что вы сможете лучше связать точки между разными бизнес-системами.

2. Панели мониторинга

Информационная панель или панель мониторинга - это информативный, легко читаемый, обычно одностраничный пользовательский интерфейс в реальном времени, который показывает визуальное представление данных с помощью графиков и диаграмм. Под режимом реального времени мы подразумеваем, что большинство панелей мониторинга можно открыть на веб-странице, связанной с базой данных, чтобы отображаемые данные постоянно обновлялись и обновлялись. На панелях мониторинга отображаются сводки, ключевые тенденции, сравнения и исключения как в текущих, так и в исторических данных. Это может позволить вам сразу увидеть производительность и статус различных частей организации и принять обоснованные бизнес-решения. Например, информационная панель продаж может отображать различные проданные линейки продуктов, эффективность продавцов или показатели продаж для разных регионов мира. Многие информационные панели имеют возможность детализации и позволяют мгновенно находить более подробную информацию или просматривать данные под другим углом. Ключевыми преимуществами панелей мониторинга являются возможность визуализировать данные в любое время, легко определять тенденции, отслеживать ключевые показатели производительности и быстро получать полную наглядность или моментальные снимки без необходимости запускать несколько отчетов.

3. Специальная отчетность

Анализ данных самообслуживания «Ad hoc», как латинская фраза, просто переводится как «для этого». Это относится к решению, которое было создано для конкретного вопроса или проблемы и не предназначено для изменения или адаптации для других задач. Специальная отчетность - это распространенный бизнес-термин, относящийся к отчету или модели, создаваемым с целью ответа на конкретный бизнес-вопрос. Основной причиной специальной отчетности может быть заполнение бланка по мере необходимости, в отличие от обычного отчета. Или его можно использовать для помощи в принятии важного бизнес-решения. Например, как менеджеру магазина вам может потребоваться решить, стоит ли вам покупать новое оборудование. Вы можете создать специальную отчетность, чтобы определить, увеличит ли покупка оборудования рентабельность. Наконец, данные, полученные из специального отчета, будут специфичны для ответа на один вопрос, но их также можно будет проанализировать еще глубже с помощью веб-отчета или конструктора информационных панелей.

Основными преимуществами специальной отчетности являются гибкость и легкость использования. пользователи могут создавать, редактировать и повторно использовать отчеты и информационные панели более гибко, чем необходимость обращения к вашей группе разработчиков каждый раз, когда им нужен новый отчет. А также использование инструментов самообслуживания и специальных инструментов, которые часто основаны на веб-технологиях, значительно упрощается так как к ним можно получить доступ с любого устройства, подключенного к Интернету. Это

позволяет конечным пользователям быть более мобильными для обнаружения данных и поддержки принятия решений.

4. Обнаружение данных

Обнаружение данных - иногда называемое открытием знаний, обнаружение данных, по сути, является инструментом поиска закономерностей. Найти понятную структуру среди десятков полей в больших реляционных базах данных обычно сложно. Программное обеспечение для обнаружения данных может анализировать большой объем данных, находить информацию из этого набора и извлекать ранее не обнаруженные закономерности, выбросы, ассоциации и корреляции. Поскольку использование обнаружения данных очень широко и часто также применяется к формам крупномасштабных данных, обработке информации и приложениям компьютерных систем поддержки принятия решений, этот термин часто используется как модное слово или для повышения ценности в маркетинговых целях. Одним из примеров обнаружения данных в игре является использование возможностей программного обеспечения для обнаружения данных для анализа региональных моделей продаж кофе. Вы можете обнаружить, что студенты колледжа покупают больше холодного кофе с понедельника по пятницу, а покупатели холодного кофе с большей вероятностью купят пончик. Вы можете использовать эту новообетенную информацию, чтобы увеличить доход, перенеся рекламные акции на холодный кофе на выходные и предлагая скидки на пончики с холодным кофе.

5. Облачные службы данных

На 2021 год большинство пользователей персональных компьютеров, смартфонов и любых других подобных устройств, имеющих доступ в сеть интернет, используют Облачное хранилище данных, так как это значительно упрощает хранение и доступ к данным, будь то для бизнеса или личных целей. Все больше компаний обращаются к поставщикам облачных услуг передачи данных из-за новой эффективности и возможностей, которые они могут предложить. Использование облачных служб данных означает, что вы можете получить доступ к ИТ-ресурсам, хранилищу данных, управлению взаимоотношениями с клиентами, планированию ресурсов предприятия и автоматизации маркетинга из любого места. Интеграция, преобразование, управление и безопасность данных больше не привязаны к физическим телам. Это означает, что вы можете получать доступ к информации из любого места в любое время, обеспечивая беспрецедентную скорость, гибкость, надежность и безопасность. Вы можете выбрать частное, общедоступное или гибридное облако в зависимости от типа интеграции данных и поддержания качества данных, которые вам нужны. Неудивительно, что благодаря низким накладным расходам и простой масштабируемости многие компании начинают использовать облачные технологии.

Как и другие, эта технология имеет свои преимущества. Быстрое внедрение и развертывание: развертывание решения в облаке может быть

намного быстрее, чем при традиционном развертывании, с заранее созданными административными структурами развертывание облачного ресурса может быть очень простым. Также облако позволяет легко увеличивать и уменьшать масштаб. Развитие облачных технологий основано на эффективном масштабировании и, если встроенная система отчетности, которую вы используете, может соответствовать этим возможностям, вы можете легко масштабироваться для пиковых нагрузок.

В результате можно с уверенностью сказать, что появление технологий для бизнес-аналитики очень упрощает работу многих компаний, а значит и облегчает работу сотрудников, которые этим занимаются. Конечно сейчас существует десятки различных инструментов для бизнес-аналитики основанных на базовых технологиях, рассмотренных в данной статье.

Список использованных источников

1. Самойлова, И. А. Введение в BI-технологии / И. А. Самойлова. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2015. – № 3 (83). – С. 78-80. – URL: <https://moluch.ru/archive/83/15330/>.

2. Вагин, В.Н. Достоверный и правдоподобный вывод в интеллектуальных системах / В.Н. Вагин, Е.Ю. Головина, А.А. Загорянская. - М.: [не указано], 2014. – 184 с.

3. Паклин Н.Б., Орешков В.И. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям (+ CD). – СПб: Питер, 2009. – 624 с.

4. Маекс, Д. Ключевые цифры. Как заработать больше, используя данные, которые у вас уже есть [Текст] / Д. Маекс, П. Браун. - М.: Манн, Иванов и Фербер, 2012. – 320 с.

BASIC TECHNOLOGIES BUSINESS INTELLIGENCE

S.V. Smolnikova

*Siberian State University railways,
Novosibirsk, Russia*

With the development of information systems, there are more and more opportunities to store and work with large amounts of data. And if now you won't surprise anyone with storing thousands of gigabytes of data, the process of analyzing this data still remains a problem for many companies. In this paper, 5 basic technologies of Business Intelligence will be considered. What is business intelligence and how is it applied in practice? What tools have been created for this? What is the foundation of good analytics? These issues are covered in this article.

Keywords: Business analytics, analytics, big data, Business Intelligence, BI, basic technologies, analysis.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ОЧИСТКИ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОТ НАКИПНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Е.А. Сорокопудов, Д.Б. Рожицкий

*Российский университет транспорта (МИИТ),
г. Москва, Россия*

Приведение готовности теплоэнергетического оборудования теплоисточников и тепловых сетей к отопительному периоду ежегодно становится первостепенной задачей эксплуатационных служб котельных и ТЭС. Основной задачей проведения работ является результат безотказной работы оборудования в самые суровые зимние максимумы.

На сегодняшний день одной из основных проблем, с которой сталкиваются теплоисточники – это образование накипных отложений на внутренних поверхностях теплоэнергетического оборудования: теплообменников, тепловых сетей, котельных агрегатов. Данного рода тяжелые образования приводят к увеличенным потерям тепловой энергии, по причине снижения теплоотдачи. В отдельных случаях потери могут достигать 40-50 %. А в самых серьезных запущенных случаях теплотехническое оборудование выходит из строя из-за разрывов трубопроводов или закупориванию внутренних систем.

В данной статье произведен анализ эффективности на сегодняшний день различных способов очистки теплоэнергетического оборудования от накипных отложений, предложены мероприятия по недопущению возникновения твердых отложений, рассчитана эффективность котельной установки сравнительным анализом с отложениями на внутренних поверхностях и без них.

Сделан вывод целесообразности применения и модернизации существующих в большинстве случаев систем водоподготовки воды на ТЭС и котельных для пароводяных трактов котлов, водяных трактов водогрейных котлов и теплообменников и тепловых сетей.

Ключевые слова: ТЭС, котельная, котельный агрегат; теплообменный аппарат; накипные отложения; очистка; энергоэффективность.

Актуальность: научно-техническая статья посвящена исследованию и анализу очистки внутренних поверхностей от накипных отложений и повышения эффективности работы теплоэнергетического оборудования: промышленных паровых и водогрейных котельных агрегатов, теплооб-

менных аппаратов, тепловых сетей в процессе эксплуатации в современных условиях [1].

Цель: выработка и предложение технических решений, их целесообразность по очистке внутренних поверхностей нагрева и энергоэффективности и паркового ресурса теплоэнергетического оборудования [3,6].

Задачи: снижение количества отложений в процессе эксплуатации теплоэнергетического оборудования [5], и использование различных методов по очистке.

Материал и методы: выполнен детальный обзор литературных источников и материалов по анализу эффективности работы котлов, теплообменных аппаратов и тепловых сетей с использованием очистки поверхностей нагрева во время эксплуатации.

Основная проблема большинства введенных в советское время котельных и ТЭС является, то что водоподготовка для котельного оборудования и тепловых сетей, как правило, или требует реконструкции и не выполняет в полной мере показатели качества согласно [2] или вовсе отсутствует (это касается котельных в системе ЖКХ).

Исчерпание паркового ресурса теплоэнергетического оборудования обусловлена теми факторами, что системы химводоочистки, а именно умягчения с применением сульфитов и введенных в эксплуатацию несколько десятков лет назад не в полной мере соответствует современным требованиям нормальной эксплуатации и не снижает вероятность возникновения аварийных ситуаций в отопительный период [1,3].

В связи с вышеперечисленными факторами, исследование состава отложений накипи и структуры твердых отложений является необходимым этапом работ по разработке технологии химической очистки теплоэнергетического оборудования. Это обусловлено тем, что для разрушения и удаления различных отложений необходимо использовать различного рода химические реагенты и, соответственно, производство режимов обработки при химической очистке, а именно - поддержание нужных параметров таких, как температура, время очистки [1, 3].

В качестве наглядного примера – для приведения коэффициента полезного действия теплообменных аппаратов и котлов среднего давления в энергетике используются следующие мероприятия и способы очистки от внутренних отложений:

- известная и повсеместно применяемая в системе ЖКХ, механическая чистка трубной системы от накипи используя различные приспособления и шарошки;
- отмывка от накипи растворами кислот, щелочей – так называемая кислотная промывка;
- выжигание отложений внутри трубных пучков печей;
- наиболее дорогостоящий способ – полная замена трубок теплообменных аппаратов и котлов.

Самым известным способом является механическая чистка от отложений внутренних поверхностей теплообменных трубок высверливанием. Иногда используется механическая очистка межтрубного пространства небольших разборных теплообменников. Достоинством данного метода состоит в том, что он доступен для небольших ремонтных групп, реализуется без грузоподъемных механизмов.

Основные недостатки - полная очистка не достигается, очень часто после очистки присутствуют механические повреждения на трубках теплообменного аппарата, что в конечном итоге приводит к тому, что дефектные трубки глушатся, тем самым сокращая площади теплообменных поверхностей. Этот способ преимущественно применяется для очистки водяных теплообменников [4].

Для очистки от накипи межтрубного пространства разборных теплообменных аппаратов и трубного пространства всех типов и габаритов аппаратов применяется способ отмывки тонкой струей воды высокого давления (20 МПа). Преимущества этого способа в том, что удастся в значительной степени очистить трубное и межтрубное пространство разборных теплообменников.

Недостатки способа:

- высокая стоимость отмывающего аппарата делает его не доступным для множества малых и средних энергетических предприятий;
- полная очистка теплообменников не достигается;
- невозможность очистки неразборных теплообменников и теплообменных рубашек реакторов, компрессоров, резиносмесителей.

При экстренной необходимости применяется способ очистки теплообменного оборудования от накипи отмыванием растворами кислот, щелочей. Преимущества этого способа в том, что удастся полностью удалить всю накипь с малыми затратами физического труда [4].

Недостатки:

- необходимо наличие циркуляционной установки из химически стойкого материала;
- наличие реагентов;
- повышенные требования к технике безопасности при проведении работ в связи с применением кислот и щелочей;

Химическая промывка и очистка котельного оборудования, наиболее используемая в энергетике, состоит из нескольких этапов:

1. Промывка сетевой водой внутренних поверхностей котлов.
2. Щелочение котлов.
3. Тщательная промывка котлов техническими жидкостями.
4. Заливка промывочного раствора кислоты и его принудительная циркуляция внутри котла при помощи центробежного насоса.
5. Последующая промывка обессоленной водой.
6. Пассивация и нейтрализация после химической очистки.
7. Предварительная очистка технической водой котлов.

8. Окончательная промывка внутренних поверхностей котлов чистой химически очищенной водой.

Результаты исследования:

Если принять во внимание, что теплопроводность углеродистой стали 46-58 Вт/м·°С, а котельной накипи 0,082-2,3 Вт/м·°С, то очевидно увеличение расхода топлива, объемов дымовых газов и снижение КПД котла при работе с накипным слоем на внутренних поверхностях котловых труб [1].

Без сомнений использование химической очистки теплообменных аппаратов и котлов приводит к значительному повышению коэффициента полезного действия. Химическая очистка внутренних поверхностей теплоэнергетического оборудования обеспечивает [4,5]:

- снижение расхода топлива и электроэнергии на уровне 9-11 %.
- увеличение межремонтного периода работы теплотехнического оборудования
- улучшение экологической обстановки воздушного бассейна.

Выводы: Важнейшим фактором, определяющим выбор способа очистки поверхностей нагрева теплоэнергетического оборудования - это количественный и качественный состав отложений. В настоящее время существует большое количество различных химических реагентов (соляная, серная, сульфаминовая кислоты, лимонная и другие органические кислоты, различного рода комплексоны) и способов их использования.

Так или иначе, использование химических реагентов для проведения своевременных химических очисток, является их доступность, относительно низкая стоимость, эффективность их использования и экологическая безопасность [2, 5].

Список использованных источников

1. Присяжнюк, В.А. Физико-химические основы предотвращения кристаллизации солей на теплообменных поверхностях // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2003. – № 10. – С. 26–30.
2. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации (с изменениями на 13 февраля 2019 года).
3. Кудинов, А.А., Энергосбережение в теплогенерирующих установках. – Москва: Машиностроение, 2012. – 139 с.
4. Рэт, Д. Теория накипи или практика магнетизма, журнал // Мир новосела. – 2002. – №1. – С. 92–98.
5. Fokin VM, Heat generators of boiler rooms. – Москва: «Publishing House Mashinostroenie», 2005. – 160 с.

EFFICIENCY OF VARIOUS METHODS OF CLEANING HEAT AND POWER EQUIPMENT FROM SCALE DEPOSITS

E.A. Sorokopudov, D.B. Rozhitsky

*Russian University of Transport (MIIT),
Moscow, Russia*

Bringing the readiness of heat and power equipment of heat sources and heating networks to the heating season annually becomes the primary task of operating services of boiler houses and thermal power plants. The main task of the work is the result of the equipment's trouble-free operation during the most severe winter highs.

Today, one of the main problems faced by heat sources is the formation of scale deposits on the inner surfaces of heat and power equipment: heat exchangers, heating networks, boiler units. Heavy formations of this kind lead to increased losses of thermal energy, due to a decrease in heat transfer. In some cases, losses can reach 40-50 %. And in the most serious neglected cases, heating equipment fails due to pipe ruptures or clogging of internal systems.

This article analyzes the effectiveness of various methods of cleaning heat and power equipment from scale deposits today, proposes measures to prevent the occurrence of solid deposits, calculates the efficiency of a boiler plant by comparative analysis with deposits on internal surfaces and without them.

It is concluded that it is expedient to use and modernize the water treatment systems existing in most cases at TPPs and boiler houses for steam-water circuits of boilers, water circuits of hot-water boilers and heat exchangers and heating networks.

Key words: TPP, boiler room, boiler unit; heat exchanger; scale deposits; cleaning; energy efficiency.

УДК 004

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

М.В. Сыряпина, М.В. Жуков

*Сибирский государственный университет путей сообщения,
г. Новосибирск, Россия*

В статье рассматриваются цифровые технологии, их влияние на развитие различных отраслей как народного хозяйства, так и в целом, а также технологические основы цифрового развития и способы их реализации.

Ключевые слова: цифровизация, облако, большие данные, отрасли, предприятие, кадры, регулирование.

Цифровые технологии трансформируют операционную модель предприятия, то есть процедуры и методы применения корпоративной стратегии в повседневной деятельности, а также повышают степень эффективности инвестиций и помогают выявить уникальные ранее неизвестные возможности на рынке. Эффективная цифровая трансформация производства возможна только на основе платформы, которая позволит создать единую независимую цифровую систему для организации современного инжиниринга. Современный процесс проектирования представляет собой симбиоз трех многосторонних подсистем, включая процесс разработки основных положений и требований к будущему продукту, продукт организации системы менеджмента и непосредственное проектирование продукта, т.е. определение его будущей архитектуры. Цифровая трансформация позволяет получать прибыль на этапе, когда персонал, напрямую участвующий в производственном процессе, получает всю необходимую дополнительную информацию для более эффективной организации производственного процесса, например, использует технологии дополненной реальности. В четверку технологических основ цифрового развития традиционно включают большие данные, социальность, мобильность и облака.

Большие данные. Большое количество данных создает существенную основу экспоненциально растущему миру систем машинного обучения, которые открывают путь к тому, что называется искусственным интеллектом (ИИ). Этот растущий класс систем привел к фундаментальным изменениям в

многих отраслях за счет того, что позволяет в режиме реального времени принимать большое количество решений, основанных на фактической информации в областях, в которых ранее было принято полагаться главным образом на человеческое суждение (например, при выборе целевых аудиторий и коммерческих обращений в рамках маркетинговых кампаний).

Социальность. Важным моментом, связанным с современными цифровыми системами, является необходимость вовлечения многих пользователей, выполняющих различные роли. Если взять, например, традиционную вычислительную задачу, такую как баланс организации, то один человек может справиться с этим в пределах лимита. Цифровые системы во многом основаны на положительном сетевом эффекте, сформулированном следующим образом: каждая новая сеть узлов увеличивает свое значение для всех уже включенных в него узлов. Это качество - неотъемлемая характеристика цифровых систем, в отличие от традиционных ИТ-систем, хотя присутствие этого качества не всегда очевидно для пользователя или наблюдателя. Социальность можно использовать для решения самых раз-

ных задач, как коммерческих и некоммерческих, в частной жизни или внутри организации.

Мобильность. Теоретически можно получить доступ к любому устройству, обрабатывающему или хранящему информацию, из любой точки вне зависимости от цели использования. Сейчас разрабатывается поколение устройств, таких как дроны или автономные транспортные средства, которые могут перемещаться автоматически при выполнении поставленных задач. Это открывает совершенно новые горизонты для целевого сбора данных и даже физических действий. Этому способствует увеличение количества сетевых технологий, включая 3G, 4G и 5G, Wi-Fi и WiMAX, GPS и ГЛОНАСС, RFID, NFC, Bluetooth и другие. Благодаря этим многочисленным коммуникационным технологиям, называемых как, Интернет вещей, сети межмашинного взаимодействия (M2M), которые автоматизируют важные процессы, особенно в области измерения, контроля и мониторинга, становятся реальностью. В сферу их применения включают энергетические сети («умные сети»), управление производством, транспорт и логистику, маркетинг, безопасность, управление взаимоотношениями с клиентами и т. д.

Облака. Разработка этих систем более востребована ИТ-специалистами. Главный коммерческий эффект от развития облачных технологий заключался в создании бизнес-модели SaaS, что означает «программное обеспечение как услуга». Это дало возможность перенести стоимость покупки ИТ-системы от статьи «инвестиции» до статьи «операционные расходы», которая имела множество положительных последствий для финансового менеджмента. Такие сделки приобрели популярность, прежде всего, в сфере малого и среднего бизнеса, давая возможность аналогичным предприятиям использовать программные приложения, которые раньше были доступны только корпорациям. Еще одним преимуществом данной модели для малого бизнеса является простота установки и эксплуатации программного обеспечения. Сегодня как финансовые директора, так и ИТ-директора крупных корпораций считают подход SaaS более перспективным для оптимизации бюджетов закупок и повышение удовлетворенности внутренних клиентов.

Объем финансирования российской программы развития цифровой экономики превысит 1,8 трлн рублей в ближайшие пять лет. Самая дорогая программа «Цифровой экономики» будет представлена разделом «Информационная инфраструктура», на которую будет выделено 413,4 млрд руб. рублей. Еще 282 млрд рублей пойдут на цифровые технологии, 226,4 млрд рублей на цифровое госуправление, на кадры цифровой экономики потратят 139 млрд рублей, 18 млрд рублей на информационную безопасность, 1,6 млрд рублей на подготовку законодательного регулирования. К 2024 году правительство намерено полностью внедрить комплексную цифровую трансформацию российской экономики и социальной сферы. Таким образом, необходимо развить законодательства о цифровых тех-

нологиях, модернизировать цифровую инфраструктуру, внедрять цифровые практики во всех ключевых сферах экономики и государственного управления, а также организовать программы трудового обучения для постепенного перехода к этому.

Список использованных источников

1. Развитие цифровой экономики в России: анализ основных тенденций и их оценка [Электронный ресурс] // URL: <http://www.revistaespacios.com/a20v41n05/a20v41n05p26.pdf> // (дата обращения: 20.02.2021).

2. Новости ОЭСР по инновациям, науке, технологиям и промышленности [Электронный ресурс] // URL: <https://www.oecd.org/sti/news.htm> // (Дата обращения: 25.02.2021).

3. Как может искусственный интеллект изменить будущее? [Электронный ресурс] // URL: <http://newsletter.oecd.org/q/1134JmdXi1aQt4uL9qC/wv> // (дата обращения: 25.02.2021).

4. Цифровизация для экономического роста и создания рабочих мест [Электронный ресурс] // URL: <https://www.strategyand.pwc.com/m1/en/reports/2011-2014/digitization-economic-growth-job-creation.html> // (Дата обращения: 25.02.2021).

5. Народное хозяйство [Электронный ресурс] // URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%85%D0%BE%D0%B7%D1%8F%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE // (дата обращения: 24.02.2021).

DIGITAL TECHNOLOGIES AS A DIRECTION DEVELOPMENT OF MODERN PRODUCTION

M.V. Syryapina, M.V. Zhukov

*Siberian State University,
Novosibirsk, Russia*

The article examines digital technologies, their impact on the development of various sectors of the national economy, and in general, as well as the technological foundations of digital development and methods of their implementation.

Keywords: digitalization, cloud, big data, industries, enterprise, human resources, regulation.

РАСЧЁТ СЖАТЫХ СТЕРЖНЕЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ В ТАБЛИЧНОМ ПРОЦЕССОРЕ MICROSOFT EXCEL

Б.А. Тухфатуллин¹, Л.Е. Путеева¹, Ф.А. Красина²

¹ ФГБОУ ВО Томский ГАСУ,
г. Томск, Россия,

² ФГБОУ ВО Томский государственный университет систем управления
и радиоэлектроники,
г. Томск, Россия

Предложен способ решения задачи устойчивости сжатых стержней с различными условиями закрепления по концам. Способ основан на общем решении дифференциального уравнения сжато-изогнутого стержня, в которое в качестве неизвестных параметров входят произвольные постоянные интегрирования и величина критической нагрузки, а граничные условия формируют целевую функцию задачи условной оптимизации. В зависимости от условий закрепления в качестве «возмущающей» нагрузки принимаются различные силовые факторы. Результатами расчёта являются: величина критической нагрузки и формы эпюр прогибов, углов поворота и внутренних усилий. Поставленная задача условной оптимизации решается с помощью функции «поиск решения» табличного процессора Microsoft Excel.

Ключевые слова: задача устойчивости сжатого стержня, критическая сила, табличный процессор Microsoft Excel, форма потери устойчивости и эпюр внутренних усилий.

Введение. Задача по определению критической нагрузки упругого центрально сжатого стержня – «задача Л. Эйлера» изучается в классических курсах сопротивления материалов и прикладной механики [1, 2]; результаты её решения положены в основу проектной методики расчёта на устойчивость металлических, деревянных и железобетонных конструкций. Традиционно в качестве результатов решения данной задачи получают: величину критической нагрузки, форму потери устойчивости (прогибов) и коэффициент приведения длины сжатого стержня [3]. При этом, как правило, формы эпюр углов поворота, изгибающих моментов и поперечных сил не устанавливаются, и по этой причине остаются вне поля зрения расчётчика. Также следует отметить, что для каждого случая закрепления стержня по концам приходится записывать и решать дифференциальное уравнение совместно с соответствующими граничными условиями. Предлагаемый ниже алгоритм решения задачи позволяет автоматизировать

процесс нахождения критической нагрузки, вычисления ординат форм эпюр перемещений и внутренних усилий.

Материалы и методы. Рассматривается задача по определению критической нагрузки $F_{кр}$ сжатого стержня постоянного поперечного сечения $EJ = \text{const}$ длиной ℓ с различными условиями закрепления по концам (рис. 1, а-в).

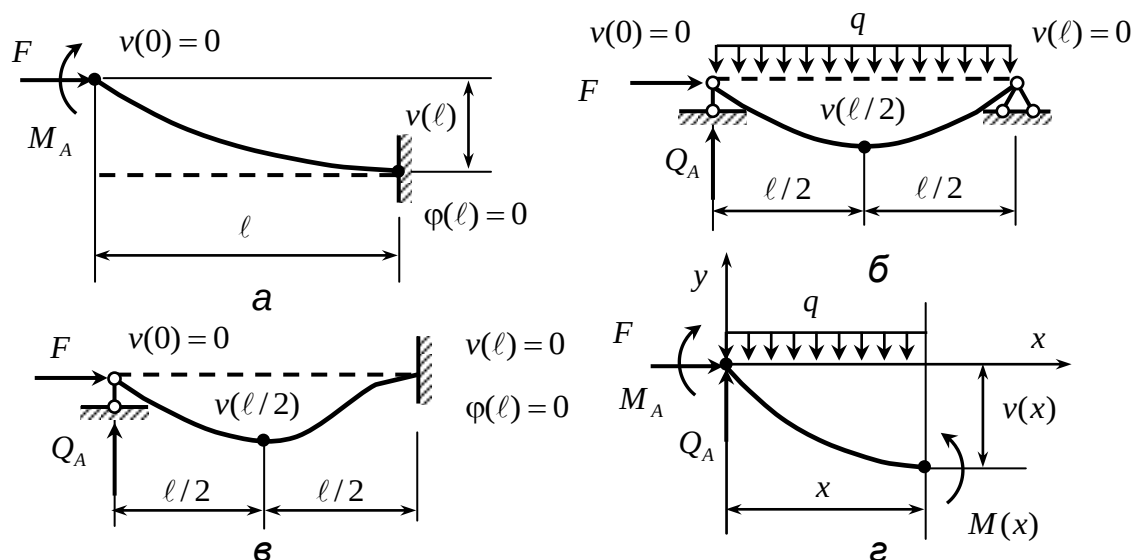


Рисунок 1 – Расчётные схемы сжатых стержней с граничными условиями и «возмущающими» воздействиями: а) тип I; б) тип II; в) тип III; г) схема для определения изгибающих моментов

Предположим, что в общем случае на левый конец стержня, кроме сжимающей силы F , действуют сосредоточенный момент M_A и поперечная сила Q_A (рис. 1, г). Кроме того, стержень может быть загружен равномерно-распределённой нагрузкой q . Как известно [1, 2], дифференциальное уравнение изгиба стержня в момент потери устойчивости имеет вид:

$$EJ \cdot v''(x) = -M(x), \quad (1)$$

где функция изменения изгибающего момента по длине стержня при принятых обозначениях и форме потери устойчивости $v(x)$ определяется формулой:

$$M(x) = M_A + Q_A \cdot x - \frac{q \cdot x^2}{2} + F \cdot v(x). \quad (2)$$

С учётом уравнений (1)–(2) запишем:

$$EJ \cdot v''(x) = -M_A - Q_A \cdot x + \frac{q \cdot x^2}{2} - F \cdot v(x). \quad (3)$$

Приведём уравнение (3) к линейному неоднородному дифференциальному уравнению второго порядка:

$$v''(x) + n^2 \cdot v(x) = \frac{1}{EJ} \left(-M_A - Q_A \cdot x + \frac{q \cdot x^2}{2} \right), \quad n^2 = \frac{F}{EJ}. \quad (4)$$

Согласно [1, 2], решением уравнения (4) является функция прогибов:

$$v(x) = A \cdot \cos(nx) + B \cdot \sin(nx) + \frac{1}{F} \left(-M_A - Q_A \cdot x + \frac{q \cdot x^2}{2} - \frac{q}{n^2} \right). \quad (5)$$

С использованием полученного выражения (5) записываем формулы для определения функций углов закручивания $\varphi(x) = v'(x)$, изгибающих моментов $M(x) = -EJ \cdot v''(x)$ и поперечных сил $Q(x) = M'(x)$:

$$\varphi(x) = -A \cdot n \cdot \sin(nx) + B \cdot n \cdot \cos(nx) + \frac{1}{F} (-Q_A + q \cdot x), \quad (6)$$

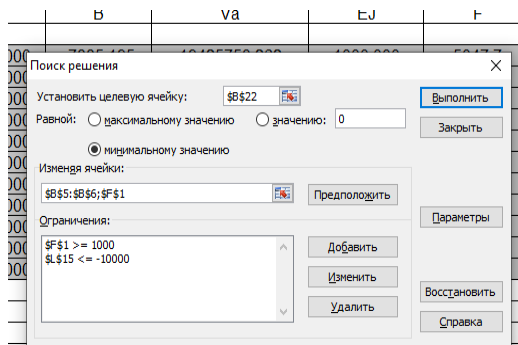
$$M(x) = F(A \cdot \cos(nx) + B \cdot \sin(nx)) - \frac{q}{n^2}, \quad (7)$$

$$Q(x) = F(-A \cdot n \cdot \sin(nx) + B \cdot n \cdot \cos(nx)). \quad (8)$$

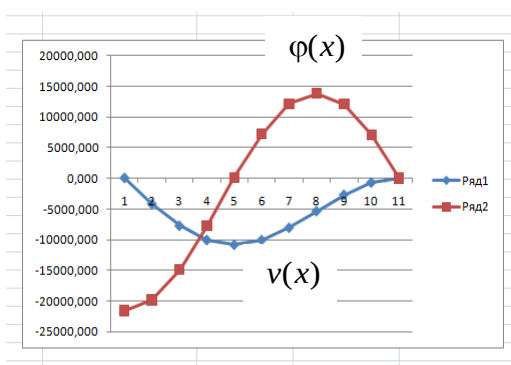
В формулах (5)–(8) величины A и B представляют собой произвольные постоянные интегрирования, обычно определяемые из граничных условий. Предлагаемый в данной работе алгоритм позволяет заменить традиционный способ интегрирования дифференциального уравнения с учётом граничных условий на решение задачи условной оптимизации [4]. В качестве искоемых (варьируемых) параметров выступают величины: A , B , F , Q_A . Целевая функция формулируется в соответствии с граничными условиями для рассматриваемой задачи (табл. 1). Параметры M_A и q выступают в ряде случаев в качестве возмущающих нагрузок; в этом случае их величины задаются. Ограничения задачи сформулированы в соответствии с требованием равенства прогиба в заданной точке ($v(\ell)$ для консольного стержня и $v(\ell/2)$ для остальных случаев закрепления концов стержня) достаточно большой величине. Расчёты по предложенному алгоритму выполнены с использованием надстройки «поиск решения» в табличном процессоре Microsoft Excel (рис. 2).

Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид																		
Выделить Копировать Вставить Вставить по образцу																		
Анализ 12																		

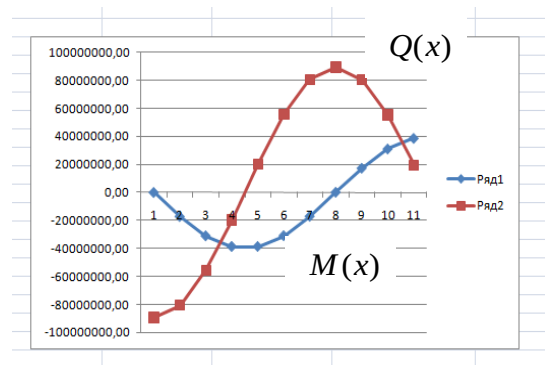
а



б



в



г

Рисунок 2 – а) окно программы Microsoft Excel для расчёта сжатого стержня;
 б) настройки функции «Поиск решения»;
 в) эпюры прогибов и углов поворота;
 г) эпюры изгибающих моментов и поперечных сил

Таблица 1 – Заданные величины, варьируемые параметры и функция цели

Стержень по рис. 1	Задаваемые величины	Варьируемые параметры	Целевая функция
Тип I	$M_A; Q_A = 0; q = 0; v(\ell)$	$A; B; F$	$v^2(0) + \varphi^2(\ell)$
Тип II	$q; v\left(\frac{\ell}{2}\right); M_A = 0; Q_A = \frac{q \cdot \ell}{2}$	$A; B; F$	$v^2(0) + v^2(\ell)$
Тип III	$M_A = 0; q = 0; v\left(\frac{\ell}{2}\right)$	$A; B; F; Q_A$	$v^2(0) + v^2(\ell) + \varphi^2(\ell)$

Апробация алгоритма. Требуется определить критические силы $F_{кр}$ для трёх стержней при $EJ = 1000 \text{ кН} \cdot \text{м}^2$, длиной $\ell = 2,0 \text{ м}$ каждый, разбитых на десять равных участков. Результаты расчёта примеров:

– для стержня (тип I) при заданных значениях $M_A = 100 \text{ кН} \cdot \text{м}$; $v(\ell) = 10^3$ получены: $F_{кр,1} = 616,72 \text{ кН}$; $A = 0,1617$; $B = 1001,849$;

– для стержня (тип II) при заданных значениях $q = 10 \text{ кН/м}$; $v(\ell/2) = -10^4$; получены: $F_{кр,2} = 2467,7 \text{ кН}$; $A = -0,00051$; $B = -99999,99$;

– для стержня (тип III) при заданных значениях $v(\ell/2) = -10^4$; получены: $F_{кр,3} = 5047,7 \text{ кН}$; $A = 0,00$; $B = -7885,199$; $Q_A = 19425753 \text{ кН}$.

Вычисленные критические силы сравнивались со значениями, полученными по формуле Л. Эйлера [1, 2]: $F_{кр,1} = 616,85 \text{ кН}$; $F_{кр,2} = 2467,4 \text{ кН}$; $F_{кр,3} = 5035,5 \text{ кН}$. Таким образом, отличие решения по предложенному алгоритму от точного не превышает 0,3 %.

Выводы. Предложен способ решения задачи устойчивости сжатых стержней с различными условиями закрепления по концам, основанный на общем решении дифференциального уравнения сжато-изогнутого стержня. Результатами расчёта являются: величина критической нагрузки и формы эпюр прогибов, углов поворота и внутренних усилий.

Список использованных источников

1. Горшков, А.Г. Сопротивление материалов / А.Г. Горшков, В.Н. Трошин, В.И. Шалашилин. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 544 с.
2. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов / В.И. Феодосьев. – Москва: Изд-во МТУ, 2001. – 592 с.
3. Тухфатуллин, Б.А. Основы устойчивости и динамики сооружений: учебное пособие / Б.А. Тухфатуллин, Л.Е. Путеева, Р.И. Самсонова – Томск. : изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2018. – 112 с.
4. Тухфатуллин, Б.А. Нелинейные задачи строительной механики. Оптимальное проектирование конструкций / Б.А. Тухфатуллин. – Москва: ИНФРА-М, 2021. – 106 с.

CALCULATION OF COMPRESSED RODS FOR STABILITY IN THE TABLE PROCESSOR MICROSOFT EXCEL

B.A. Tukhfatullin¹, L.E. Puteeva¹, F.A. Krasina²

¹*FSBEI Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia,*

²*FSBEI Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics,
Tomsk, Russia*

A method for solving the problem of stability of compressed rods with different conditions of fixing at the ends is proposed. The method is based on the general solution of the differential equation of a compressed-bent bar, which includes arbitrary constants of integration and the value of the critical load as unknown parameters, and the boundary conditions form the objective function of the conditional optimization problem. Depending on the conditions of fixation, various force factors are taken as the «disturbing» load. The calculation results are: the value of the critical load and the shape of the diagrams of deflections, angles of rotation and internal forces. The posed problem of conditional optimization is solved using the «search for a solution» function of the Microsoft Excel spreadsheet processor.

Keywords: stability problem for a compressed bar, critical force, Microsoft Excel spreadsheet, buckling form and internal force diagrams.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПРИ ОТДЕЛОЧНО-ЗАЧИСТНОЙ ЦЕНТРОБЕЖНО-ПЛАНЕТАРНОЙ ОБРАБОТКИ ГРАНУЛАМИ В ФОРМЕ ДВОЯКОВЫПУКЛОГО ДИСКА

А.А. Тяжкина

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»,
г. Пенза, Россия*

В статье проведен обзор повышения эффективности финишной операции, определяющих эксплуатационные характеристики изделий. Рассматриваемая в статье операция центробежно-отделочно-зачистной объемной обработки гранулированными абразивными средами в форме двояковыпуклого диска.

Ключевые слова: центробежно-планетарная обработка, гранула, двояковыпуклый диск, качество поверхности.

Отделочно-зачистная обработка повышает производительность процесса в том числе за счет исключения из технологического процесса трудоемких операций, выполняемых вручную, по снятию заусенцев.

Для исследования применялись образцы из алюминиевого сплава 6060. Образцы подвергались центробежно-планетарной обработке. В качестве ГРС применялись гранулы в форме двояковыпуклого диска.

В проведенной статье удаление заусенцев и скругление кромок основаны на измерении потери массы.

Изменение массы до и после обработки определялось путем взвешивания образцов на лабораторных весах с точностью до 0,0001 г мод DEMCOM DL-63. Это лабораторные весы неавтоматического действия, предназначенные для измерений массы. Принцип действия весов основан на преобразовании деформации упругого элемента датчика, возникающей под действием силы тяжести взвешиваемого груза в аналоговый электрический сигнал, пропорциональный его массе. Далее этот сигнал преобразуется в цифровой код и обрабатывается. Результаты взвешивания выводятся на дисплей.

Образцы взвешивали на лабораторных весах до обработки и после ОЦПО. Полученные в ходе экспериментальных исследований данные позволили определить потерю массы (выраженную в миллиграммах), которая представлена в виде относительной потери веса (среднее значение) по отношению к весу до обработки в %.

Наблюдения под микроскопом позволили визуально установить, что важным параметром можно считать ширину заусенца.

Наибольшая потеря массы образца происходит после 25 минут обработки (см. рисунок 1), затем наблюдается нормализация потери веса и дальнейшая обработка становится не эффективной.

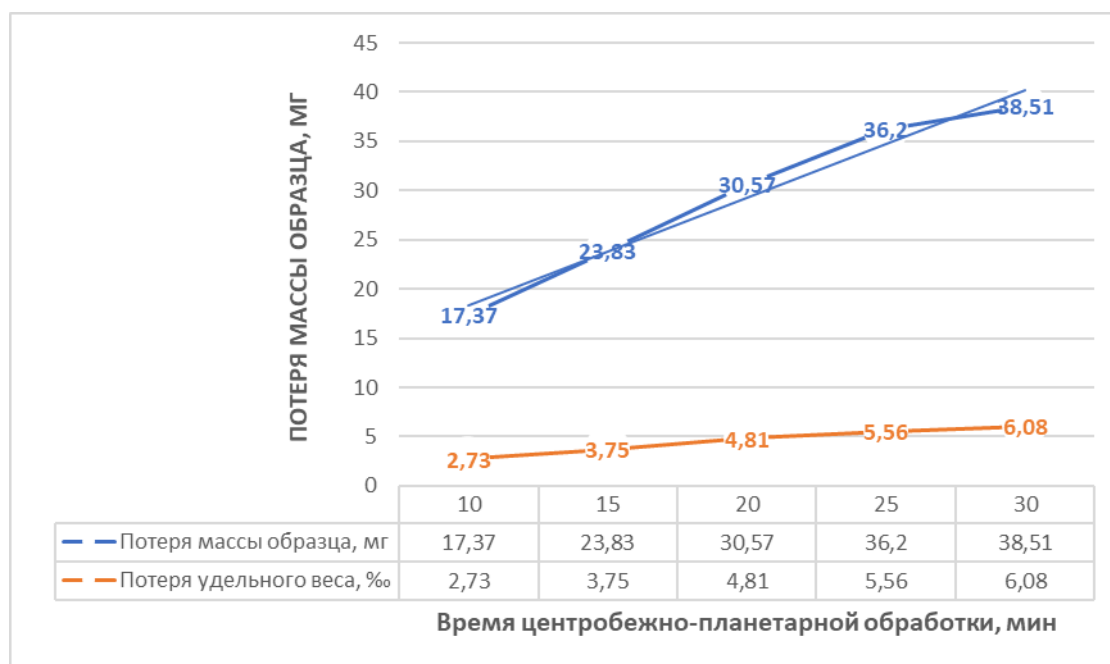


Рисунок 1 – Зависимость потери массы образца из алюминиевого сплава 6060 от времени ЦПО

На рисунке 2 показано сравнение исходного состояния исходной заготовки и после ЦПО гранулами в форме двояковыпуклого диска через 5, 10, 15, 20, 25 и 30 минут обработки.

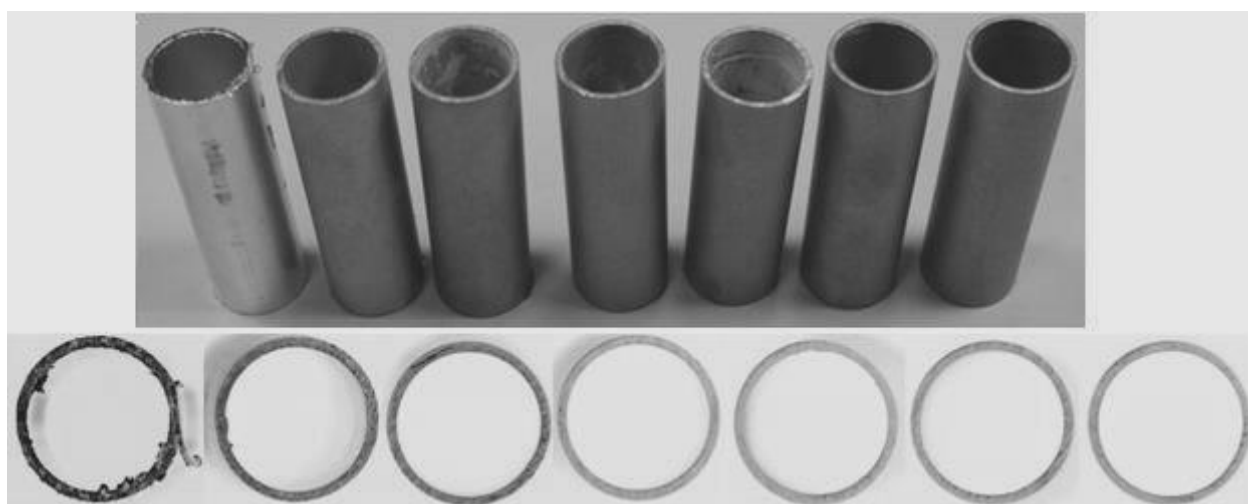


Рисунок 2 – Фотография кромок образца из алюминиевого сплава 6060: слева направо - до ЦПО, после 5, 10, 15, 20, 25 и 30 мин обработки, соответственно

Таким образом, исследования показывают, что ЦПО является эффективным методом скругления острых кромок и удаления заусенцев, образовавшихся после обработки. А гранулы в форме двояковыпуклого диска обеспечивают требуемое качество поверхностей обрабатываемых деталей.

Вывод. Исходя из результатов исследований удаления заусенцев и, соответственно, оценки производительности ЦПО на основе снижения веса заготовок, можно сделать вывод, что наибольшие потери массы происходят в первые 20 минут процесса обработки. В первые 15 минут вес снижается в среднем около 13 мг (т.е. 2 ‰), в то время как дальнейшая обработка приводит к снижению веса около 5,5-6 мг (1 ‰) в течение следующих 15 минут обработки.

Визуальные наблюдения за формой заусенцев, проведенных на микроскопе ДИП-6, также подтверждают, что наибольшее уменьшение размеров заусенцев происходит в первые 15 минут. Дальнейшее увеличение продолжительности обработки уменьшает размеры заусенцев, но с гораздо меньшей интенсивностью. Также можно отметить, что удаление заусенцев уже заметно после 15-20 минут обработки ГРС.

Таким образом анализ влияния времени обработки на уменьшение длины заусенцев может показать, что увеличение времени обработки вызывает уменьшение длины заусенцев.

Список использованных источников

1. Нестеров, С.А. Повышение эффективности центробежно-планетарной отделочно-упрочняющей обработки деталей [Текст]/ С.А. Нестеров// Автореф. дис. канд .техн .наук. – Пенза, 2003. – с.7.
2. Быкадырова, О.Г. Повышение эффективности шлифования путем управления процессом взаимодействия абразивного зерна и обрабатываемого металла [Текст]/ О.Г. Бакадырова// Диссертация канд.техн.наук. - 2005.

PERFORMANCE IN FINISHING AND STRIPPING ENTRIFUGAL-PLANETARY PROCESSING WITH GRANULES IN THE FORM OF A BICONVEX DISK

A.A. Tyazhkina

*Penza State University,
Penza, Russia*

The article provides an overview of improving the efficiency of the finishing operation, which determines the performance characteristics of products. The operation of centrifugal finishing and stripping volumetric processing with granular abrasive media in the form of a biconvex disk is considered in the article.

Keywords: centrifugal-planetary processing, granule, biconvex disk, surface quality.

ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОТДЕЛОЧНО-ЗАЧИСТНОЙ ОБРАБОТКЕ ГРАНУЛАМИ В ФОРМЕ ДВОЯКОВЫПУКЛОГО ДИСКА

А.А. Тяжкина

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»,
г. Пенза, Россия*

В статье приведен результат исследования влияния технологических факторов центробежно-планетарной обработки на шероховатость поверхности по методике многофакторного планирования эксперимента.

Ключевые слова: качество поверхности, шероховатость, абразивная гранула, центробежная обработка, отделочно-зачистная операция.

Шероховатость является одной из основных качественных характеристик любого вида отделочной обработки поверхностей деталей. Поэтому она была выбрана в результате выходного фактора при отделочно-зачистной операции.

Исследование влияния технологических факторов при центробежно-планетарной обработки [1] на шероховатость поверхности и производительность проводилось по методике многофакторного планирования эксперимента [2].

Для иллюстрации влияния отдельных технологических факторов на шероховатость поверхности и анализа ее формирования были построены двухфакторные графические зависимости, которые наглядно показывают изменение шероховатости в исследованной области.

В качестве абразивной среды использовались гранулы в форме двояковыпуклого диска [3].

Выполненные исследования по методике многофакторного планирования эксперимента показали (см. рис. 1), что с увеличением частоты вращения водила возрастает напряженность инерционного силового поля, а следовательно и контактное давление ГРС на поверхности обрабатываемых деталей, что ускоряет удаление неровностей исходной поверхности и приводит к снижению шероховатости.

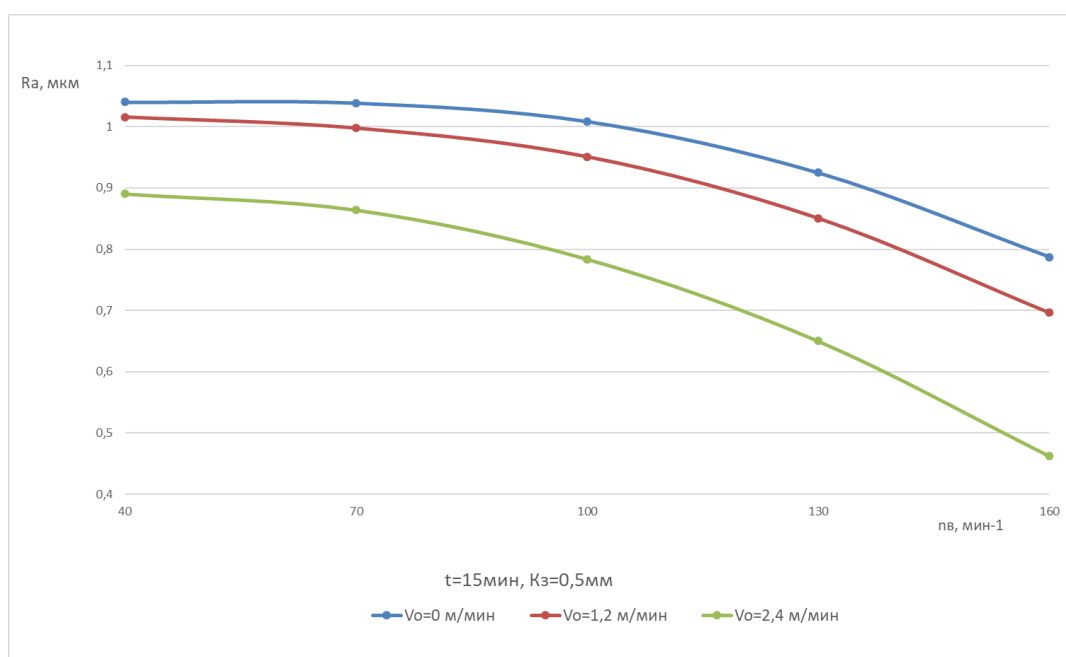


Рисунок 1 – Влияние частоты вращения водила и скорости радиальных осцилляций на шероховатость поверхности

Установлено, что при частоте вращения водила от 40 до 100 мин⁻¹ шероховатость поверхности изменяется незначительно, а наиболее интенсивное снижение параметра шероховатости наблюдается при частоте вращения водила в диапазоне от 100 до 160 мин⁻¹.

С увеличением длительности цикла обработки происходит снижение параметра шероховатости на обработанных поверхностях деталей (см. рис. 2). Шероховатость поверхности начинает устойчиво снижаться после 10-12 мин обработки. Это объясняется удалением неровностей исходной поверхности и формированием микрорельефа, определяемого только характером взаимодействия полимерных гранул с обрабатываемыми образцами. При этом режущий контур абразивных частиц гранул переносится на обрабатываемую поверхность.

При уменьшении заполнения контейнера до 0,4...0,3 объема шероховатость поверхности возрастает. Наиболее эффективное снижение шероховатости поверхности происходит при заполнении контейнера на 50 % - 70 % и скорости радиальных осцилляций выше 2 м/мин (см. рис. 3, зависимость 3).

Частные трехмерные топографии поверхности, полученные на оптическом профилометре Talysurf CCI Lite после обработки представлены на рис. 4.

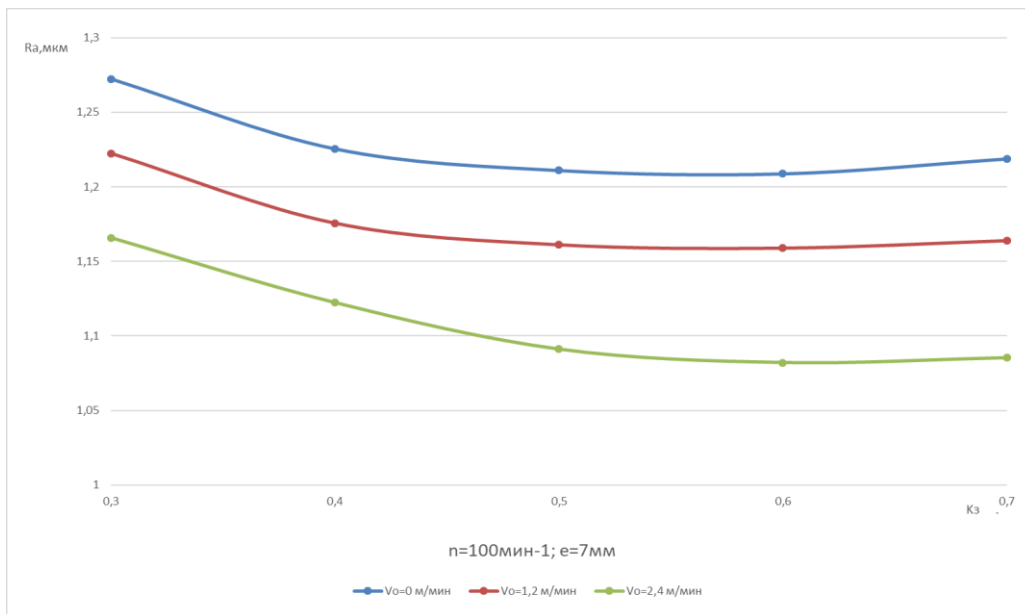


Рисунок 3 – Влияние коэффициента заполнения контейнера и скорости радиальных осцилляций на шероховатость поверхности

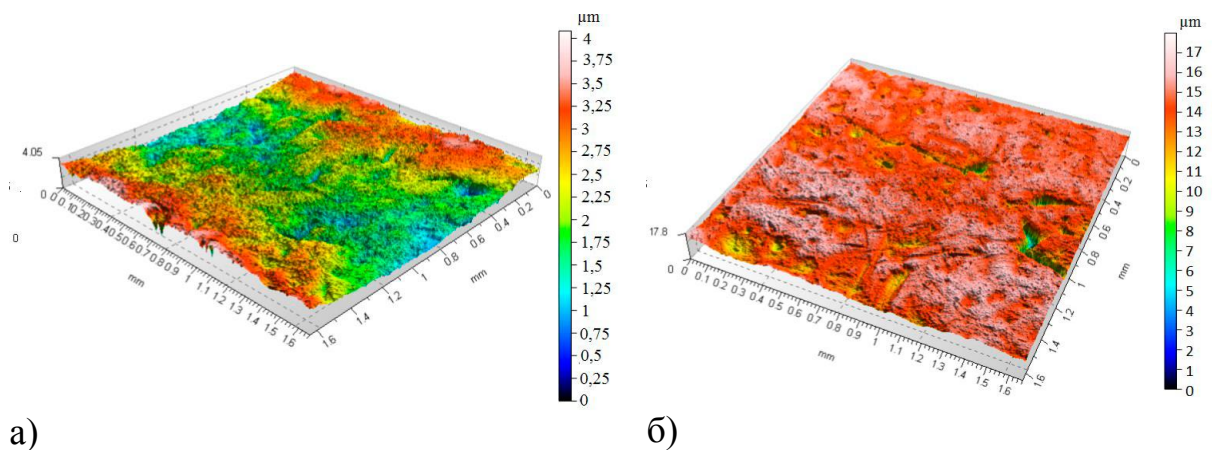


Рисунок 4 – Фрагменты (а) обрабатываемой поверхности, полученных на оптическом профилометре Talysurf CCI после обработки гранулами в форме двояковыпуклого диска (а) в сравнении с поверхностью, полученной после обработки полимерными гранулами (б) в виде призм ПТ15х15 (время обработки 20 минут)

Таким образом можно сказать, что существующие виды абразивных тел характеризуются либо высокой проникающей способностью и низкой долговечностью из-за потери формы, либо высокой долговечностью при отсутствии возможности обработки закрытых зон. Исследования показали, что при центробежно-планетарной обработки высокой эффективностью обладают гранулы в форме двояковыпуклого диска. Такая форма гранул позволяет в том числе снизить износ гранулы и максимально сохранить ее режущие способности.

Список использованных источников

1. Мартынов, А.Н. Влияние технологических режимов на шероховатость поверхности при финишной центробежно-планетарной обработке [Текст]/ А.Н. Мартынов, В.З. Зверовщиков, С.А. Нестеров // Процессы абразивной обработки, абразивные инструменты и материалы. Сборник статей международной научно-технической конференции.- Волжский: ВолжскИСИ филиал ВолгГАСА, 2000. – С. 134-135.
2. Адлер, Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – Москва: Наука, 1976.
3. Пат. 2470760 РФ, В24В31/14 Абразивная гранула. Зверовщиков Владимир Зиновьевич, Зверовщиков Александр Евгеньевич, Понукалин Андрей Владимирович, Зверовщиков Евгений Александрович.

SURFACE ROUGHNESS DURING FINISHING AND CLEANING WITH GRANULES IN THE FORM OF A DOUBLE-CONVEX DISC

A.A. Tyazhkina

*Penza State University,
Penza, Russia*

The article presents the result of a study of the influence of technological factors of centrifugal-planetary treatment on surface roughness by the method of multifactorial planning of the experiment.

Key words: surface quality, roughness, abrasive granule, centrifugal treatment, finishing and cleaning operation.

УДК 338.364

О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Т.В. Феоктистова

*ФГБОУ ВО «Российский государственный университет
им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)»,
г. Москва, Россия*

В статье рассмотрены некоторые предпосылки автоматизации производства как одного из методов его совершенствования, повышения эффективности и конкурентоспособности предприятия. Описываются основные цели автоматизации производства и факторы, препятствующие ее использованию, а также проблемы появляющиеся при ее осуществлении.

Ключевые слова: автоматизация производства, конкурентоспособность предприятия.

В современном мире развитие научно-технических систем производства все больше зависит от элементов входящих в систему: технология производства, наука, современное оборудование и взаимосвязи между этими элементами. Когда элементы начинают взаимопроникать и дополнять друг друга, усложняя систему всего производства, тогда рождается новейшая усовершенствованная комплексная система производства «технология-оборудование-производство». Технологии изменили характер производства. Теперь, когда компьютеры проникли во все отрасли промышленности и научное общество заговорило о четвертой промышленной революции, одним из главных конкурентных преимуществ предприятия может стать автоматизация.

Автоматизация производства – это процесс в развитии машинного производства, при котором функции управления и контроля, ранее выполнявшиеся человеком, передаются приборам и автоматическим устройствам. Цель автоматизации производства заключается в повышении эффективности труда, улучшении качества выпускаемой продукции, в создании условий для оптимального использования всех ресурсов производства [1].

Автоматизация производства может затрагивать задачи различной сложности, от установки локального регулятора на отдельном этапе технологического цикла до полной автоматизации производственного предприятия, то есть ее доля в различных процессах производства может существенно различаться. В случае полной автоматизации, как например, в автоматических комплексах, весь рабочий процесс осуществляется с применением машин, рабочие только налаживают работу и следят за состоянием оборудования и работой техники, все функции управления автоматизированы. Люди при этом освобождаются от выполнения многих функций и те возлагаются на специальные приборы, устройства, информационные системы.

При менее затратной частичной автоматизации технические устройства отвечают только за выполнение отдельных операций, например, в полуавтоматических комплексах часть функций выполняется рабочими-операторами, а другая часть автоматизирована в управлении оборудованием. Но в любом случае самые ответственные решения принимает человек. Он подготавливает исходные данные, подбирает подходящие алгоритмы, анализирует полученные результаты.

Основная цель стоящая перед автоматизацией – это повышение эффективности труда, наиболее эффективное использование всех ресурсов производства. Также она помогает добиться следующего:

- повысить безопасность производства;
- освободить человека от тяжелого ручного труда
- повысить гибкость производства;
- минимизировать брак, возникающий по причине ошибок работников, повысить качество выпускаемой продукции;
- уменьшить количество требуемых для бесперебойной работы предприятия работников и снизить тем самым расходы на заработную плату.
- увеличить производительность труда.

Результирующим, комплексным итогом достижения этих промежуточных целей, может стать увеличение прибыли и повышение конкурентоспособности предприятия. Но на пути к столь желательной цели предприятие и общество в целом встречаются многочисленные проблемы.

Автоматизация требует серьезных материальных вложений, являясь затратным компонентом производства. Поэтому прежде чем автоматизировать производство полностью или частично необходимо определить экономическую эффективность этого мероприятия. Также надо помнить и о социальных последствиях автоматизации предприятий, которые не всегда бывают положительными. Социальные последствия намного сложнее понять и выявить нежели экономические. Все изменения выражаются в производственных отношениях и производительных силах, именно эти аспекты автоматизации отображают значительные изменения в социальном аспекте. В частности, одной из проблем является возникновение так называемой технологической безработицы. [2]

К социальным надо добавить и проблемы, которые встают перед конкретным предприятием, решившим внедрить элементы автоматизации. Перечень проблем, связанных с введением автоматизации, можно дополнить тем, что существует риск взлома системы, устройства уязвимы в техническом плане, а их работа зависит от электроснабжения. Для минимизации этих недостатков потребуются обеспечение качественной защиты данных, повышение квалификации работников, занимающихся введением и обслуживанием автоматического оборудования, следящих за работой техники, грамотная организация производственного контроля, своевременное обслуживание техники. Однако не всегда легко найти специалистов, обладающих нужным опытом и знаниями современных стандартов.

В настоящее время продукты производства становятся более информационными, чем материальными. Современный мир – это мир коммуникаций, информации и высоких технологий производства. Процесс их автоматизации является естественным путем их развития, и поскольку в дальнейшем факторы, побуждающие производителей использовать автоматизацию, не только не пропадут, но и усилят свое влияние, процесс пе-

перехода производств на автоматизированные системы будет только усиливаться. Сейчас происходит процесс, когда развитие производства переходит от экономическо-социального к информационному, технологиям и оборудованию. Именно это способствует увеличению маркетинговых составляющих, инноваций в системе затрат и информативности продуктов, повсеместно внедряемых процессов автоматизации.

Список использованных источников.

1. Теория информационных процессов и систем [Текст]: методические указания по выполнению практических работ / ЮгоЗап. гос. ун-т; сост.: Л.А. Лисицин. Курск, 2017.

2. Феоктистова, Т.В. Вопросы совершенствования оборудования предприятий легкой промышленности / Феоктистова Т.В. // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2020): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 3. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2020. – С.159-161.

3. Иванов, А. А. Автоматизация технологических процессов и производств : учебное пособие / А.А. Иванов. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2021. – 224 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-00091-521-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1157117> (дата обращения: 06.04.2021).

ABOUT SOME ASPECTS OF PRODUCTION AUTOMATION

T.V. Feoktistova

*Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art),
Moscow, Russia*

The article considers some prerequisites for automation of production as one of the methods of its improvement, increasing the efficiency and competitiveness of the enterprise. The main goals of production automation and the factors that prevent its use, as well as the problems that arise during its implementation, are described.

Keywords: production automation, enterprise competitiveness.

ИЗУЧЕНИЕ ШАРЖИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ВЫСОКОПЛАСТИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ, ОБРАБОТАННЫХ УПЛОТНЕННОЙ РАБОЧЕЙ СРЕДОЙ

Рекиа Хосин, Г.Р. Короленко, Н.А. Миронычев

*ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет,
г. Пенза Россия*

Рассмотрены причины и физическая природа шаржирования поверхностей деталей твердыми частицами и продуктами обработки. Приводятся электронные фотографии шлама и топографии поверхности деталей из высокопластичных материалов. Анализируются методы очистки поверхностей для обеспечения технической чистоты, ее качественного и количественного состава. Разработаны практические рекомендации.

Ключевые слова: поверхностный слой, шаржирование, спектральный анализ, топография.

Многочисленными исследованиями установлена зависимость технических характеристик и ресурса деталей от состояния их рабочего поверхностного слоя [1, 2, 3, 4].

Химический состав, физико-механические свойства, остаточные напряжения, наличие включений инородных материалов, загрязнений технологическими продуктами при изготовлении вызывают интерес для исследований с целью устранения недостатков и повышения уровня эксплуатационных показателей – надежности и долговечности деталей и машин.

Изучение поведения отдельно расположенной в полупространстве поверхности подшипникового кольца абразивной частицы показало, что при эксплуатации локально расположенные включения становятся очагами возникновения трещин и разрушения [5].

Особенно важным становится недопустимость загрязнений на токопроводящих СВЧ поверхностях, зеркалах, параболических антеннах для радиосвязи и других прецизионных деталях.

Проведены исследования топографии поверхностей деталей волноводных трактов и наличие в них загрязнений, их размеры, расположение и свойства.

На представленных фотографиях (рис.1, 2, 3), полученных с применением электронного микроскопа *Livenhook 50HX*, приводятся характерные включения после абразивной обработки и размеры. Значения размеров сколов абразивных частиц, внедрившихся в поверхностный слой находятся в пределах 1...20 мкм. Глубина внедрения микрочастиц, ввиду затруднен-

ности извлечения, сложности определения должна находиться в пределах половины ее размера.

Имеющиеся на предприятиях средства, оборудование и технологии не всегда обеспечивают достижение нужного результата, поэтому постановка задачи актуальна и в большинстве случаев трудноразрешима.

На фотографиях приводятся характерные формы и размеры абразивных микрочастиц и металлических частиц из шлама (рис.5, 6).

Наличие в технологических охлаждающих средах такого вида загрязняющих частиц недопустимо и приводит к шаржированию в обрабатываемые поверхности, снижению технико-эксплуатационных параметров изделий.

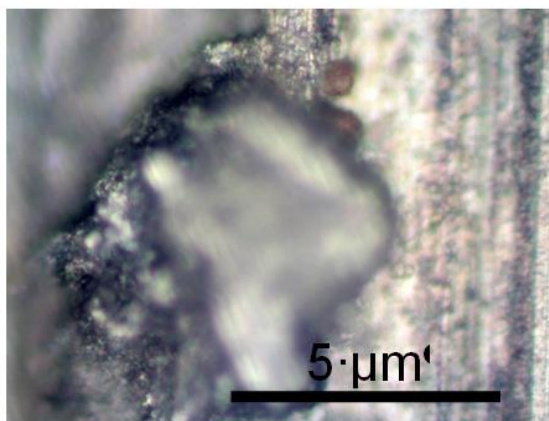


Рисунок 1 – Скол абразивной частицы, внедрившийся в поверхность образца из Д16 Х1200

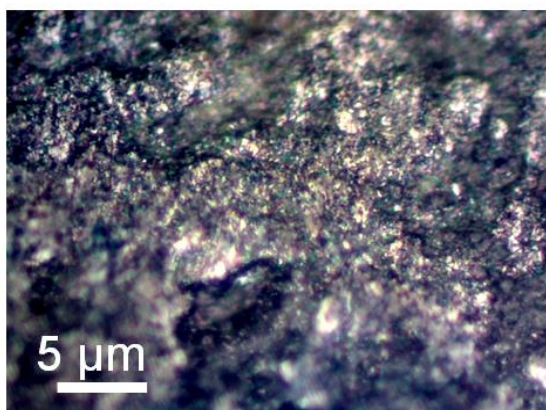


Рисунок 2 – Равномерное загрязнение поверхности образца из сплава Д16 шламом абразива и металлической стружки Х400

Известные методы очистки шаржированных поверхностей от неметаллических и металлических включений можно классифицировать на две основные группы: физические (вакуумный, ультразвуковой-

кавитационный, механический, струйная мойка) и химические (физико-химический, электрохимический).

В некоторых случаях применяются, но редко, вихревые, термические, льдоабразивные, торсионные, вакуумные, ионные технологии и очистка с применением CO_2 [4].

Были выполнены исследования по определению качественного и количественного состава поверхностных слоев деталей-образцов из латуни и алюминия до и после обработки. Проанализирована топография неровностей профиля поверхности.

В подшипниковой промышленности с массовым производством прецизионных деталей в результате исследований состояния рабочих поверхностей, имеющих инородные включения как металлургического, так технологического происхождения отмечено снижение ресурса и надежности.

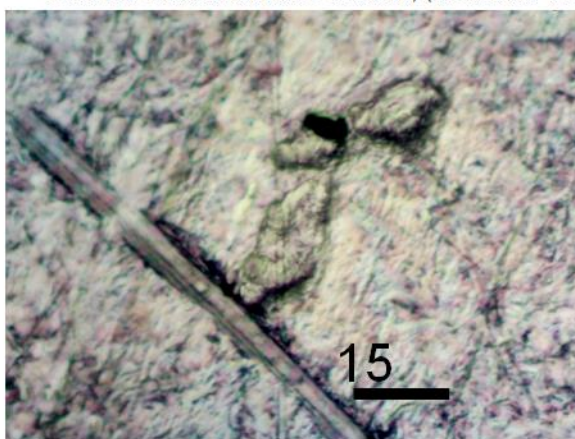


Рисунок 3 – Скол абразивной частицы, внедрившийся в поверхность алюминиевого образца АД00 х120

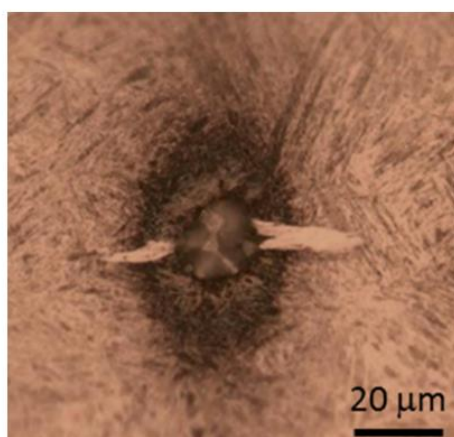


Рисунок 4 – Усталостное разрушение в виде «бабочки», вызванное наличием в подповерхностном слое дорожки кольца подшипника качения постороннего включения [5]

Причем установлено, что значительно большее влияние на снижение ресурса имеют включения частиц окиси алюминия [5].

Фотография поверхности с инородным включением по данным лаборатории SKF (Голландия) приведена на рисунке 6.

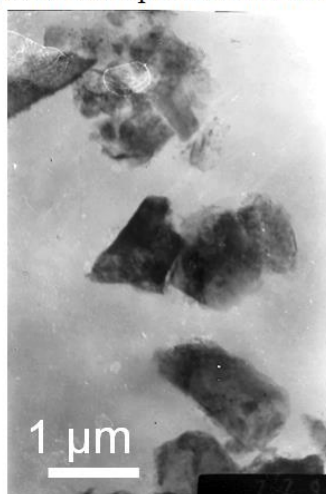


Рисунок 5 – Шлам абразива (сколы зерен) X3000 [6]

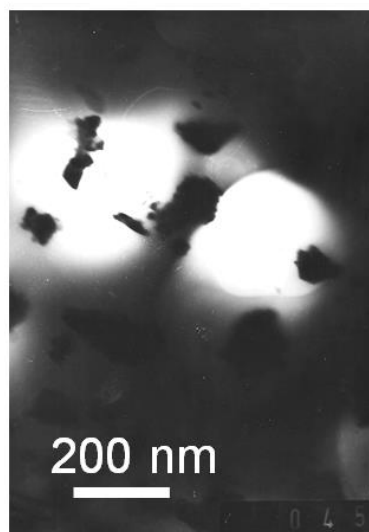


Рисунок 6 – Мелкая металлическая стружка x15000 [6]

В качестве рекомендаций, для снижения уровня загрязнения обработанных поверхностей на финишных операциях, следует принять необходимость соблюдения определенных положений:

1. Абразивный инструмент и его состав должен обладать повышенной твердостью и прочностью.
2. Охлаждающую жидкость следует подвергать ультратонкой очистке, необходимо охлаждение и тонкая магнитная сепарация.

3. Обработку высокопластичных материалов проводить сверхтвердыми малоизнашивающимися инструментами или неабразивными рабочими средами.

4. Не допускать соприкосновения деталей при обработке и транспортировке с другими, более твердыми материалами.

Выводы: 1 Размеры сколов зерен из Al_2O_3 внедрившихся в поверхность находятся в диапазоне 2...20 мкм.

2. Крупные частицы в поверхностном слое не удерживаются вследствие малой глубины внедрения в металл.

3. При использовании технологической жидкости без очистки и обновления в процессе обработки происходит загрязнение шламом стружки и сколами зерен.

4. В качестве процесса обработки без шаржирования рекомендуется технология с применением безабразивных рабочих сред: стальных, стеклянных, керамических, а также гранул из материалов меньшей твердости в сравнении с материалом деталей.

Список использованных источников

1. Рекиа Хосин, Миронычев Н.А. Шаржирование поверхностного слоя деталей, обрабатываемых уплотненной рабочей средой / Сб.статей Всероссийской научно-практической конференции «Техника и технология современных производств». - Пенза: Приволжский Дом знаний, 2019. - С.105...107.

2. Зимон, А.Д. Адгезия пыли и порошков. – М.: Химия, 1976. –430с.

3. Шкурूपий, В.Г. Влияние отделочных методов обработки и свойств материалов на состояние поверхностного слоя деталей. Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации. [Текст]: материалы V международной научно- технической конференции / редкол.: Е. И. Яцун [и др.]; Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2007. – С. 192-197.

4. Погружные моечные машины для мойки деталей <http://ostec-cleaning.ru>

5. Junbiao Lai, and Yuri Kadin A better understanding of material imperfections EVOLUTION. Technology Magazine from SKF. – August 21, 2018. Цзюнь Бао Лай, Юрий Кадин Углублённое изучение дефектов материала/ – ЭВОЛЮЦИЯ. Журнал SKF. – Август, 18 2018.

<https://evolution.skf.com/us/a-better-understanding-of-material-imperfections/>

6. Мартынов, А.Н. Основы метода обработки деталей свободным абразивом, уплотненным инерционными силами. Монография. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1981. – 212 с.

STUDYING OF THE IMPREGNATION SURFACES OF DETAILS FROM THE HIGH-PLASTIC METALS AND ALLOYS PROCESSED BY THE PACKED MEDIUM

Rekioua Hosine, G.R. Korolenko, N.A. Mironychev

*FSBEI HE Penza State University,
Penza Russia*

The reasons and the physical nature of impregnation of surfaces of details are considered by hard particles and products of processing. Electronic photos of slime and topography of a surface of details from high-plastic materials are provided. Methods of cleaning of surfaces for ensuring technical purity, its qualitative and quantitative structure are analyzed. Practical recommendations are developed.

Keywords: surface layer, impregnation, spectrum analysis, topography.

СОДЕРЖАНИЕ

КОНСТРУКЦИЯ СОПЛОВОГО ПРИВОДА ДЛЯ СТЕНДА ДИСПЕРГИРОВАНИЯ	
И.Р. Альбеков.....	3
УПРАВЛЕНИЕ ИЗДЕРЖКАМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ	
А.А. Гергиева, К.С. Лазарева, Р.А. Тимофеев.....	8
ВЛИЯНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОЛИЗА НА СКОРОСТЬ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ И СВОЙСТВА СПЛАВА МЕДЬ-ОЛОВО	
М.В. Глебов, А.Н. Вантеев, Л.В. Наумов.....	12
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ АППАРАТНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ	
К.А. Емельянов, С.П. Черный.....	15
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ШТАМПОВКИ В CAD/CAE СИСТЕМАХ	
С.В. Еремин.....	19
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГУЛИРОВОЧНЫХ СВОЙСТВ КОЛЛЕКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ	
В.А. Ерошенко, А.Г. Бахитов, Ш.Б. Калымбеков.....	22
СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ РАСЧЕТНОЙ ОБЛАСТИ И ГЕНЕРАЦИЯ СЕТКИ ДЛЯ CFD – МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИКИ ПОТОКА В МАЛОГАБАРИТНЫХ ТРУБЧАТЫХ АППАРАТАХ - МТА КАК СМЕСИТЕЛЕЙ ЖИДКИХ КОМПОНЕНТОВ	
Р.В. Жук, К.В. Таранцев, Е.А. Толстошеева.....	26
АНАЛИЗ И РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ, СВЯЗАННЫХ С КЛАССИФИКАЦИЕЙ ТОВАРОВ КУЛЬТУРНО- БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ, НА ПРИМЕРЕ 95 ГРУППЫ ТН ВЭД ЕАЭС	
Н.П. Загребельная, А.А. Зверева.....	30
О ПОВЫШЕНИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ УСТАНОВОК ДЛЯ ЗАГОТОВКИ СЫРЬЯ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ	
А.Е. Зверовщиков, С.А. Нестеров, Д.А. Борисов.....	34
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА С ПРИВОДОМ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО УСКОРИТЕЛЯ	
А.Е. Зверовщиков, И.В. Черепенников.....	37
МОДЕРНИЗАЦИЯ УЗЛА ДЕГАЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭТИЛЕНА	
А.В. Зотин, А.Д. Боброва, М.А. Рузанова.....	41

РЕКОНСТРУКЦИЯ ТРАНСФЕРНОГО ТРУБОПРОВОДА	
И.М. Ибрагимов, И.Ю. Ляхов, М.А. Рузанова.....	45
УПЛОТНЕНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ ИМПУЛЬСОМ	
СЖАТОГО ВОЗДУХА	
С.Н. Казанцев, Н.В. Зверовщикова, В.А. Роганов.....	48
МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ПЛАВКИ ЧУГУНА	
В ДУГОВЫХ ПЕЧАХ ДУПЛЕКС-ПРОЦЕССОМ	
С.Н. Казанцев, Н.В. Зверовщикова, А.В. Семушкин, Т.А. Дурина...	51
ОПТИМАЛЬНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС	
ПЛАВКИ ЧУГУНА ИЗ ЧУГУННОЙ СТРУЖКИ	
С.Н. Казанцев, Н.В. Зверовщикова, Т.А. Дурина.....	54
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ И ПЕРЕМЕЩЕНИЙ	
В БАЛКАХ ПЕРЕМЕННОЙ ЖЁСТКОСТИ	
П.А. Калентьева, А.С. Козлова, Б.А. Тухфатуллин, Л.Е. Путеева.....	57
РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ	
ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ВОДИТЕЛЕЙ	
Г.Н. Климова, В.А. Зеликов, А.Ю. Артемов, Е.В. Сибиряткин, Ю.В. Струков, Г.А. Денисов.....	62
РАСЧЁТ ИЗГИБАЮЩИХ МОМЕНТОВ И ПЕРЕМЕЩЕНИЙ	
В БАЛКАХ ПЕРЕМЕННОЙ ЖЁСТКОСТИ	
С УПРУГОПОДАТЛИВЫМИ ОПОРАМИ	
Е.Д. Колабанова, Л.Е. Путеева, Б.А. Тухфатуллин.....	67
ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАНАЛА ДЛЯ ОТВОДА ВОДЫ ОТ	
НАСЫПИ	
В. И. Коннов, Е. Э. Домашина, В. А. Емельянова.....	72
ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ ПОТОКА	
АБРАЗИВНОЙ СУСПЕНЗИИ В ТРУБАХ	
Г.Р. Короленко, Рекиа Хосин, Н.А. Миронычев.....	76
ВЕДЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОГО	
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА	
Т.Г. Косенко.....	81
ОЦЕНКА РЕСУРСОЕМКОСТИ ПРОИЗВОДСТВА	
ПРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ ООО «АГРОФИРМЫ	
«НОВОЩЕРБИНОВСКАЯ»	
Т.Г. Косенко.....	85
СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ	
ПРИВОДОМ ПОВОРОТА СТОЛА МНОГОЦЕЛЕВОГО	
СТАНКА	
А.А. Круглов, Ю.В. Истомина.....	89
СНИЖЕНИЕ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ	
ПРИ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА	
А.А. Крутикова, А.И. Сысолятина, М.А. Рузанова.....	93

ЗАВИСИМОСТЬ МИНИМУМА СПЕКТРА ПРОПУСКАНИЯ НАКЛОННЫХ ВОЛОКОННЫХ РЕШЕТОК БРЭГГА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ	
К.Т. Кусаинова, Д.К. Иманмадилов, Б.Е. Хамзина, К.Ж. Наурыз, А.А. Кабибулатов.....	96
PROBLEMS AND WAYS TO IMPROVE AUTOMATIC REGISTRATION AND AUTOMATIC RELEASE OF GOODS FOR CUSTOMS PURPOSES	
М.А. Levchenko, D.A. Kachura.....	101
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛИРОВАНИЯ ЗУБЬЕВ ТРИБОВ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ	
А.Н. Липатов, Д.В. Кочетков, И.Н. Баринов, А.В. Небылица.....	105
ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕНТРОБЕЖНО-РОТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ СМЕННЫХ МНОГОГРАННЫХ ПЛАСТИН РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПО СХЕМЕ «В ЕМКОСТЯХ»	
А.В. Липов, Д.В. Кочетков, В.А. Липов.....	112
К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ УСТРОЙСТВА ПЛАЗМЕННОЙ МОДИФИКАЦИИ В ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ	
В.Ю. Лушина, Г.А. Кошкин, В.В. Кикот.....	117
РЕКОНСТРУКЦИЯ ПАРОВОЙ КОТЕЛЬНОЙ С КОТЛАМИ ДЕ-25-14 В МИНИ-ТЭЦ НА БАЗЕ ПАРОВИНТОВЫХ ТУРБИН	
Д.Н. Мокеров.....	121
ФОРМАЛИЗОВАННАЯ ПОСТАНОВКА И КРАТКИЙ ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗНАНИЙ ИЗ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ ФИНАНСОВЫМИ АКТИВАМИ	
А.А. Мусаев, Д.А. Григорьев.....	129
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕНИЯ И ИЗНАШИВАНИЯ В МАШИНАХ	
М.А. Назарова, Г.А. Аминова, В.В. Бронская, Г.В. Мануйко, Г.Р. Загреева.....	140
РЕЖИМ ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ ТРАНСФОРМАТОРА НА СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ	
С.И. Николаева.....	144
ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ДОСТОВЕРНОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ ПРИ ПОМОЩИ СРЕДСТВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	
В.Л. Панасов, Г.А. Джамбиев, А.А. Бессмертных.....	147
ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЯЖЕЛОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	
Е.А. Парамонов.....	151

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА	154
Р.В. Нирусин, А.Л. Золкин, Е.Д. Семенов.....	
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОЛИМЕРНЫХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В САМОЛЕТОСТРОЕНИИ	
Р.В. Нирусин, А.Л. Золкин, Е.Д. Семенов.....	161
ВЛИЯНИЕ И МЕТОДЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КОРРОЗИИ НА ВОЗДУШНОМ СУДНЕ	
Р.В. Нирусин, А.Л. Золкин, Е.Д. Семенов.....	166
АДДИТИВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ИЗДЕЛИЙ ИЗ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ КЕРАМИКИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ	
Н.М. Сгонов.....	170
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО МАТЕРИАЛА	
В.А. Скрябин, Н.А. Шевелев.....	172
ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЛОГИСТИКА	
В.А. Скрябин, Е.А. Демидов.....	176
БАЗОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ BUSINESS INTELLIGENCE	
С.В. Смольникова.....	180
ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ОЧИСТКИ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОТ НАКИПНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ	
Е.А. Сорокопудов, Д.Б. Рожицкий.....	184
ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА	
М.В. Сыряпина, М.В. Жуков.....	188
РАСЧЁТ СЖАТЫХ СТЕРЖНЕЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ В ТАБЛИЧНОМ ПРОЦЕССОРЕ MICROSOFT EXCEL	
Б.А. Тухфатуллин, Л.Е. Путеева, Ф.А. Красина.....	192
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПРИ ОТДЕЛОЧНО-ЗАЧИСТНОЙ ЦЕНТРОБЕЖНО-ПЛАНЕТАРНОЙ ОБРАБОТКИ ГРАНУЛАМИ В ФОРМЕ ДВОЯКОВЫПУКЛОГО ДИСКА	
А.А. Тяжкина.....	198
ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОТДЕЛОЧНО-ЗАЧИСТНОЙ ОБРАБОТКЕ ГРАНУЛАМИ В ФОРМЕ ДВОЯКОВЫПУКЛОГО ДИСКА	
А.А. Тяжкина.....	201
О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА	
Т.В. Феоктистова.....	204
ИЗУЧЕНИЕ ШАРЖИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ВЫСОКОПЛАСТИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ, ОБРАБОТАННЫХ УПЛОТНЕННОЙ РАБОЧЕЙ СРЕДОЙ	
Рекиуа Хосин, Г.Р. Короленко, Н.А. Миронычев.....	208

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

II Всероссийская научно-практическая конференция
с международным участием

Сборник статей.

Сборник статей будет размещен в РИНЦ
(договор № 760-03/2017К от 31/3/2017)

Под общей редакцией ***В.А. Скрябина, А.Е. Зверовщикова***
Ответственный за выпуск специалист по учебно-методической работе
МНИЦ ***Е.А. Галиуллина***
Компьютерная верстка ***Т.В. Масловой***

Статьи публикуются в авторской редакции

Подписано в печать 26.04.2021
Бумага SvetoCopy
Тираж 95 экз.

Формат 60×84 1/16
Уч.-изд. лист. 12,67
Заказ № 25

РИО ПГАУ
440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30