



УДК 666.97.031

**А.В. Вавилов, А.И. Ким-Вайнбергер, М.В. Дудкин, Н.В. Хон, Е.А. Клименко,
А.В. Ликунов, М.П. Манжай**

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

**О ВОЗМОЖНОСТЯХ РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ
В СФЕРЕ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ**

Одной из базовых основ современного строительства является производство бетонов и изделий из них. По оценкам экспертов, ежегодный мировой выпуск бетона превышает 2 миллиарда кубометров [1, 2], что намного превосходит производство других видов промышленной продукции. При этом производство бетонов продолжает расти с каждым годом как в Республике Казахстан (РК), так и в мире в целом. Бетонные смеси широко применяются в строительной, дорожной, горнодобывающей, нефтегазовой и других отраслях. Основными вопросами при производстве бетонов остаются повышение их качества и снижение стоимости.

Одним из видов бетонов, который широко используется в современном строительстве, является сталефибробетон (СФБ). Основой СФБ служит стальная фибра, которая в настоящее время производится из различных типов стальной проволоки. Данный вид фибры имеет очень хорошие технологические характеристики, но и достаточно высокую стоимость. Это обосновывает её низкое распространение в РК, в отличие от стран Европы, Америки и др.

В настоящее время в ВКГТУ им. Д.Серикбаева в рамках комплексной НИР «Технология раздельного приготовления бетонов с использованием природного и техногенного сырья» (договор с МОН РК № 84-210-13 от 10.04.13) разрабатывается проект технологической линии по производству нового вида фибры. В данном проекте предлагается значительно снизить стоимость СФБ за счёт использования для производства фибры техногенных отходов – отработанных стальных канатов и тросов подъёмно-транспортных машин и оборудования (ПТМО). При этом решается и такая важная задача, как переработка отходов промышленной сферы (особенно актуальная для РК). Сырьевой базой здесь может служить Восточно-Казахстанская область, в которой имеется большое количество предприятий горнорудной и других отраслей, в которых широко используются ПТМО. По предварительным оценкам объем потребления/списания тросов только на предприятиях АО «Казцинк» по ВКО составляет более 2000 тонн в год.

В современной промышленности существует много положительных примеров использования технологий переработки техногенного сырья с целью производства бетонов. В специальной литературе встречаются ссылки и по теме проекта, то есть использование тросов ПТМО для производства фибры [3]. Так в РК подобные работы проводились в 80-х годах в г. Темиртау (трест Казметаллургстрой), а так же в Караганде.

Однако анализ рынка стальной фибры в РК и РФ, проведённый нашей командой, показывает полное отсутствие на рынке предложений по фибре из техногенных отходов. Более того, даже стандартная промышленная фибра из проволоки представлена в РК

множеством поставщиков, но только одним производителем - ОАО «Северсталь» (РФ).

Можно предположить, что основной причиной того, что предыдущие исследования и работы не имеют инновационной реализации (выход на рынок с новым видом фибры), является отсутствие достаточного объёма испытаний самого СФБ на основе новой фибры. А это не позволяет разработать технологические инструкции и сертифицировать новый вид фибры. Кроме этого, производство фибры из тросов по схемам, предложенным ранее, имеет один существенный недостаток – высокую энергоёмкость технологических процессов и, как следствие, значительное повышение себестоимости конечной продукции.

Нашей командой, в ходе реализации проекта, предложен ряд инновационных решений, позволяющих значительно снизить стоимость производства фибры из тросов/канатов ПТМО. При этом впервые используется комплексный подход к решению поставленной проблемы. То есть, кроме вопросов разделения и резки тросов/канатов, одновременно решаются вопросы их эффективной и дешёвой очистки, а также одновременно исследуется и испытывается СФБ на основе «техногенной» фибры с целью разработки технологических рекомендаций и дальнейшей сертификации продукта.

Упрощённая схема линии для изготовления фибры из тросов/канатов ПТМО приведена на рис. 1.

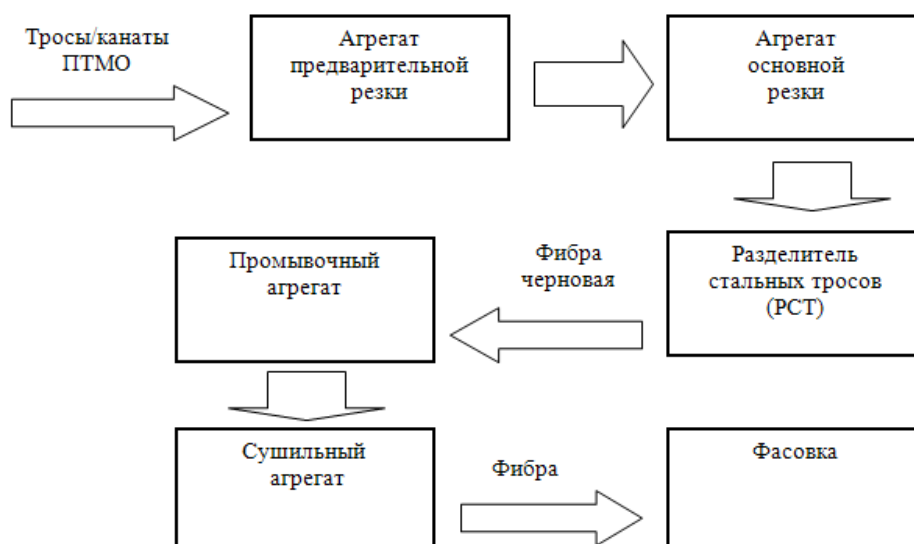


Рисунок 1 - Схема линии для изготовления фибры

Для изготовления нового вида фибры предполагается использовать выработавшие технический ресурс канаты и тросы ПТМО с диаметром проволок от 0,2 мм до 1,0 мм. Диаметр канатов/тросов – до 40...60 мм. Именно такие тросы использовались в ходе экспериментальных работ.

В ходе аналитических работ доказано, что нарезка тросов не может производиться на существующих, на сегодня стандартных пильных или резальных машинах, так как они не обеспечивают заданный технологический процесс. При этом остаётся открытым вопрос о минимизации энергопотребления при резке тросов (т.е. о снижении затрат при производстве фибры).

Для решения вопроса о резке тросов/канатов ПТМО был проведён анализ возможных способов резки металлов, к которым относятся: механическая резка, гидроабразивная, лазерная, газовая и плазменная резка [4]. При этом наиболее рациональным нами признан способ резки с помощью дисковых пил (абразивных, термофрикционных или зубчатых). Выбор конкретного варианта зависит как от технологически приемлемой скорости резки, так и от минимальных показателей энергопотребления в процессе резки.

Далее были проведены теоретические и экспериментальные изыскания (разработано и создано две экспериментальных физических модели), которые показали следующее.

Метод резки дисковыми зубчатыми пилами не пригоден для разрабатываемой технологии. Для определения эффективности этого метода были использованы трос диаметром 19,5 мм (грузового назначения, из проволоки без покрытия, марки В, нераскручивающийся, не рихтованный, нормальной точности маркировочной группы 1370 Н/мм²) и дисковая зубчатая пила с максимальными для данного проекта характеристиками Makita LC1230 – рис. 2,а (1750 Вт; 1300 об/мин; диаметр диска - 305 мм).

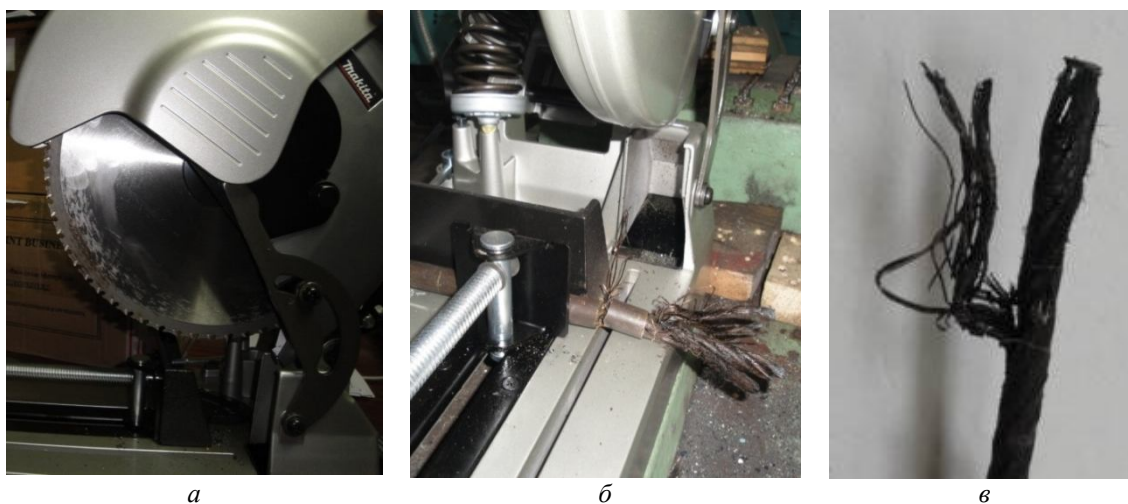


Рисунок 2 – Резка троса зубчатым диском:
а – внешний вид диска; б, в – эффект выдёргивания прядей каната

В результате ряда экспериментов (с различными условиями) был выявлен неустранимый недостаток данного способа – при резке каната (свободного или зажатого) происходит зацепление зубом пилы нижних прядей каната, вследствие чего начинает проявляться эффект «выдёргивания проволок» (рис. 2,б,в). Таким образом, данный вариант не применим в нашем случае.

Для определения эффективности резки тросов/канатов с помощью абразивного диска были использованы тот же тип канатов (диаметр – 19,5 мм) и дисковая отрезная пила со средними для данного проекта характеристиками Makita 2414NB (2000 Вт; 3800 об/мин; диаметр диска - 355 мм). В результате ряда экспериментов (с различными условиями) были получены следующие результаты:

- мощность (потребная) двигателя соответствует расчётным параметрам, т.е. около 2 кВт, что составляет 20,0 % от мощности, расходуемой на термофрикционную резку;
- время резки (одного реза) минимально для всех трёх вариантов резки и составляет 4...8 с (в зависимости от скорости подачи), что является определяющим фактором ис-

пользования данного способа резки в нашем проекте, так как основное требование – это обеспечение достаточной/высокой производительности (около 2 тонн фибры в смену);

- скорости подачи определяет уровень сваривания прядей (рис. 3), который влияет на возможность последующей обработки (чем больше проволоки сварились между собой, тем меньше их способность к разделению); причём, был выявлен «парадоксальный» эффект – чем выше скорость подачи (т.е. трение возрастает, увеличивается количество тепла), тем больше должны свариться между собой проволоки, но эксперимент показал обратное – при наибольшей скорости подачи сваривание уменьшается (видимо это объясняется тем, что проволоки не успевают свариться под одновременным воздействием тепла и вибрации диска);

- в процессе резки (при минимальном времени резки), в некоторых случаях, возникает эффект «разваливания» прядей, что однозначно упрощает (облегчает) дальнейшую обработку (расплётку нарезанных тросов/канатов);

- в процессе резки наблюдается эффект выделения/удаления, за счёт разжижения и плавления, органической смазки с тросов/канатов, что, с одной стороны, является положительным фактором – облегчается процесс последующей очистки фибры, с другой – возникает проблема сбора и отвода данных отходов от зоны пиления (что может усложнить общую конструкцию всего агрегата для резки тросов).



время резки – 2 с
(свариваемость минимальна)



время резки – 8 с
(свариваемость максимальна)

Рисунок 3 – Влияние времени резки (скорости подачи) на свариваемость проволок

Для определения эффективности резки тросов/канатов термофрикционным способом была спроектирована и изготовлена экспериментальная установка с требуемыми в соответствии с расчётами характеристиками (на текущий момент установка доработана на 80 %, требуются некоторые изменения). В результате ряда экспериментов (с различными условиями) были получены следующие результаты:

- эксперимент однозначно подтвердил возможность резки тросов/канатов безымянным диском (главное преимущество – отсутствие необходимости смены режущего инструмента);

- мощность установки соответствует расчётным параметрам: 2,5 кВт; электродвигатель АИР80А2 (4А80А2) – 3000 об/мин;

– допустимая сила прижима троса к диску составляет 100...120 кН (при больших значениях происходила сварка проволок пряди);

– скорость резки недостаточна по технологическим причинам (время одного реза – около 20 с, что в 2,5...3 раза больше, чем в предыдущем варианте резки), таким образом, данный способ не может использоваться для создания основного резального агрегата;

– тем не менее, учитывая главное достоинство способа термофрикционной резки (отсутствие затрат на режущий инструмент), данная установка может быть использована как агрегат предварительной резки (рис. 1), для нарезки исходных тросов/канатов (длина от 10...20 м и более) на отрезки длиной 1...1,5 м, что значительно упрощает технологию работы основного резального агрегата (который в процессе проектирования предложено выполнить как машину-полуавтомат).

Таким образом, в результате всех проведённых экспериментов по резке тросов/канатов ПТМО для реализации на основной установке для резки был выбран способ резки фрикционным диском.

Вторая (и основная) задача разработки линии по производству фибры – разработка агрегата для разделения тросов (после нарезки) на отдельные проволоки.

Доказано (в результате литературного анализа и частично экспериментально), что для разделения (раскручивания) нарезанного стального троса наиболее рационально использовать двухвалковые дробилки с гладкими валками. Разделение троса здесь происходит за счёт раздавливания, в процессе чего и возникает эффект деления на отдельные проволоки. В отличие от предыдущих исследований [3], где для полного разделения троса на отдельные проволоки предлагается использовать сдвоенные двухвалковые дробилки (что вдвое увеличивает энергоёмкость процесса за счёт вращения четырёх валков), в нашем проекте впервые предложено принципиально новое решение – использовать один ярус дробилки (два валка) с использованием дополнительного вибрационного воздействия на процесс разделения тросов (подготовлена заявка на полезную модель).

В результате выполнения работ по проекту проведена компоновка конструктивной схемы разделителя стальных тросов (РСТ), разработана конструкторская документация. Проработаны конструкции секций РСТ и основных валков. Рассчитаны нагрузки и усилия в основных элементах РСТ. Проведён расчёт основных элементов привода (валы, подшипники и т.д.).

Для реализации и испытаний предложенного способа была разработана и изготовлена экспериментальная установка (подготовлена заявка на полезную модель). Внешний вид экспериментальной установки приведён на рис. 4,а. Технические параметры: диаметр барабана – 450 мм; частота вращения барабана – 36 мин⁻¹; частота колебаний плиты – 997...1494 мин⁻¹; мощность электродвигателей – 2,3 кВт.

Основной результат экспериментов – установка полностью удовлетворяет технологическим потребностям по линии для производства фибры – разделение прядей на проволоки проводится на 100 % (рис. 4,б). При этом энергопотребление по сравнению с аналогами снижено на 40...50 %. В настоящее время проводится доводка экспериментальной установки (с учётом полногабаритного исполнения, в процессе доводки будет собран опытный образец РСТ). Степень готовности – 80...90 %. Производительность установки – около 0,2 тонны/час.

Третья и четвертая задачи проекта – разработка агрегатов для мойки тросов и их сушки (после нарезки и разделения на отдельные проволоки), будут, в соответствии с календарным планом работ, решаться в 2015 году.



а – внешний вид РСТ



б - внешний вид продукта
(черновая фибра)

Рисунок 4 – Экспериментальная установка РСТ

По представленной работе можно сделать следующие выводы:

– Разработаны, созданы и апробированы полномасштабные экспериментальные установки основных агрегатов для линии по производству фибры из тросов/канатов ПТМО. Все разработанные установки обеспечивают технологически требуемое качество получаемой продукции (полуфабрикатов) и заданную производительность линии (около двух тонн фибры в смену).

– В сравнении с аналогами (при этом прямых аналогов нет) все установки имеют высокие показатели энергоэффективности (потребление электричества по предварительным расчётам снижено на 30...50 %).

– Две разработанные установки имеют определённый уровень новизны и в настоящее время по ним подготовлены заявки на полезную модель.

Предварительные общие выводы по всему проекту следующие:

– При реализации проекта новый вид фибры значительно повлияет на снижение себестоимости (от 15-20 %) производства СФБ при сохранении его качества.

– Экономический эффект от реализации проекта обоснован низкой стоимостью исходного сырья, то есть тросов/канатов ПТМО.

– Предварительные расчёты показали, что при полной стоимости проекта (создание предприятия по производству фибры) около 25...30 млн тенге, срок окупаемости составит максимум два года.

Список литературы

1. Ружинский С.И. Внешние механические воздействия в технологии бетонов. – СПб., 2005. – 120 с.
2. Гурьянов Г.А. Анализ и предложения по улучшению процесса активации цемента при производстве бетонов / Г.А. Гурьянов, Е.А. Клименко / 72-я Межд. науч.-исслед. конф. Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 29.01-06.02.2014: Материалы конф. – М.: МАДГТУ (МАДИ), 2014.
3. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции: Монография. – М.: Изд-во АСВ, 2011. – 642 с.
4. Нойман А. Сварка, пайка, склейка и резка металлов и пластмасс: Спр. / А. Нойман,

Е. Рихтер. – М.: Металлургия, 1985. – 354 с.

Получено 23.02.2015

УДК 629.4

Е.Б. Ибраев, А.А. Макенов

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

**ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ СТОЯНОК В ГОРОДАХ
(НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ВРОЦЛАВА, ПОЛЬША)**

Очевидные и сложные проблемы организации автомобильных стоянок вынуждают искать пути их решения в странах с высоким уровнем автомобилизации. Целесообразным становится изучение и принятие во внимание практического опыта размещения легковых транспортных средств (ТС) на улично-дорожной сети (УДС) городов этих стран.

Польша, согласно международным статистическим данным агентства Eurostat в 2008 году по уровню автомобилизации занимала 34 место в мире, с 493 авт./1000 чел [1]. Уровень автомобилизации Казахстана в том же 2008 году составлял 197 авт./1000 чел. (64 место рейтинга) [2]. Однако величина этого показателя неуклонно растет и на 1 ноября 2014 года в нашей республике она уже составила 220 авт./1000 чел. [3].

По мнению специалистов затруднения при размещении ТС на УДС начинаются при уровне автомобилизации 200 авт./1000 чел. В этой связи обратимся к опыту организации автомобильных стоянок в польских городах (в одном из них удалось провести натурные наблюдения).

В качестве объекта изучения выбран польский город Вроцлав – один из самых крупных (четвёртый по населению после Варшавы, Лодзи и Кракова) и самых старых городов Польши, расположенный на обоих берегах среднего течения реки Одры, на Силезской низменности. Население города – 633 тыс. чел. (по данным 2010 года) [4]. Занимаемая площадь – 292,2 км².

Для более полного понимания политики, проводимой в Польше (и во Вроцлаве в частности), в сфере автомобильного транспорта обратимся к данным, представленным в крупном европейском журнале «The Local», издающемся на английском языке в большинстве стран Европейского Союза (ЕС) [5]. По данным, предоставленным изданию Европейским советом по безопасности на транспорте (ETSC), за период с 2001 по 2012 г. на дорогах Союза погибло в результате ДТП более 240 000 чел. При этом самый высокий показатель смертности зафиксирован именно в Польше.

В целях снижения смертности в Польше, как и во многих городах Европы, проводят политику увеличения штрафов за нарушение Правил дорожного движения (ПДД), а также проведение оперативных работы по выявлению таких нарушений, как управление автомобилем в состоянии алкогольного (наркотического) опьянения или не использование ремней безопасности. Кроме того, изменилась политика, проводимая в отношении индивидуальных легковых автомобилей, в том числе и в области парковки ТС.

С целью уменьшения количества поездок в центр города с использованием личного транспорта и повышения коэффициента использования уличных автомобильных стоянок были введены парковочные зоны. Территория города Вроцлава (Польша) была разделена на три условных зоны: зона А – территория с отличным доступом общественного транспорта и неудовлетворительным доступом автомобильного транспорта, зона В – террито-

рия с хорошим доступом общественного и автомобильного транспорта, зона С – территория с хорошим доступом автомобильного транспорта и неудовлетворительным доступом общественного транспорта. Размер стоимости за паркирование в парковочных зонах установлен на разных уровнях. Чем лучше обстоят дела с доступностью определенного района города с использованием общественного транспорта, тем, соответственно, выше стоимость парковки. Кроме того, размер оплаты зависит также и от длительности пребывания на стоянке, что сделало автомобильную стоянку и время пребывания на ней более ценными. Данные мероприятия, помимо прочего, призваны стимулировать население города к использованию общественного транспорта.

Отдельного внимания заслуживает метод сбора оплаты за парковку. Практически у каждой платной автомобильной стоянки установлен паркометр (рис. 1).



Рисунок 1 - Паркометр, установленный на одной из улиц города Вроцлава

Паркометр имеет очень простой и понятный интерфейс, позволяющий на интуитивном уровне осуществить покупку паркингового квитка [6].

Размер штрафа за нарушение правил парковки начинается от 25 евро [7]. Все полученные деньги от оплаты и от штрафов поступают в бюджет города. Эти средства идут, в первую очередь, на ремонт школ, реконструкцию улиц, в том числе и на строительство паркингов, а также инвестируются в проекты мобильности города.

Следует отметить, что в городе Вроцлав широко развиты как подземные, так и многоуровневые стоянки, располагающиеся непосредственно в зданиях деловых центров, отелей, торговых домов и т.д. (рис. 2).



Рисунок 2 – Многоуровневый паркинг в торговом центре

При этом при въезде на некоторые из многоуровневых стоянок имеются специальные информационные табло, информирующие водителей ТС о количестве свободных мест на стоянке (рис. 3). Что, несомненно, свидетельствует об информационном обеспечении процесса парковки.



Рисунок 3 - Информационное табло при въезде на подземную многоуровневую стоянку

По словам профессора кафедры логистической инженерии Вроцлавского политехнического университета д.т.н. М. Млынчака, в городе, как и в стране в целом, успешно функционируют и развиваются системы подвозящего транспорта системы «Park-and-Ride».

Однако даже при таком высоком уровне организации процесса парковки потребность в стояночных местах удовлетворяется не полностью (рис. 4).

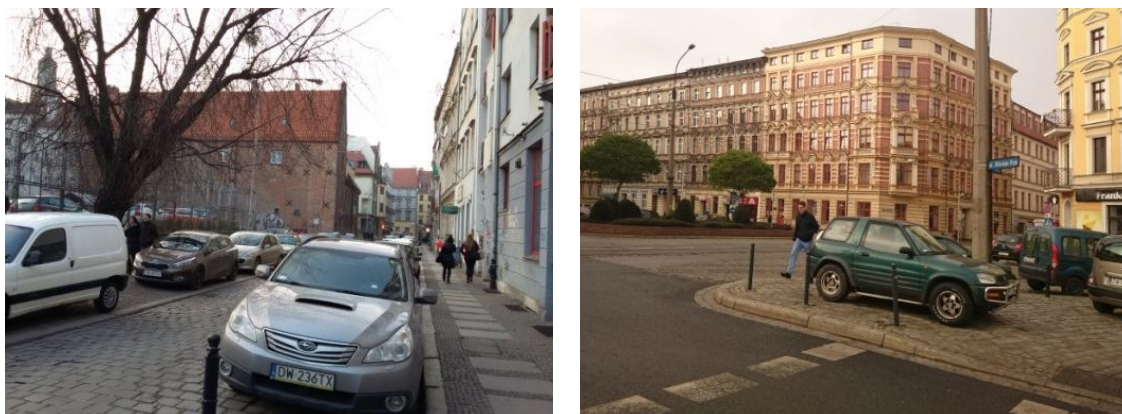


Рисунок 4 – ТС, припаркованные с нарушением ПДД

На УДС города Вроцлав можно так же, как и в городе Усть-Каменогорске, встретить дорожный знак, ограничивающий остановку и стоянку ТС (рис. 5), однако, нужно отметить, не в таком количестве (в городе Усть-Каменогорске установлено более 180 дорожных знаков «Остановка запрещена»).



Рисунок 5 – Дорожный знак, запрещающий стоянку ТС на проезжей части

Кроме того, изучение некоторых документов и беседа с профессорско-преподавательским составом Политехнического университета позволили установить, что данное мероприятие, в отличие от нашего города, не было единственным при решении проблемы нехватки стояночных мест.

С ограничением возможности использования частных автомобилей возникла необходимость создания альтернативных путей удовлетворения транспортных потребностей городского населения страны.

Как и в странах постсоветского пространства, в начале девяностых годов двадцатого столетия транспортная ситуация в польских городах резко изменилась [8]. Быстрорастущий моторизованный индивидуальный транспорт стал вытеснять господствовавший в прошлом общественный транспорт. Для того чтобы не создавать в городах тех же самых

экономических, социальных, экологических проблем, которые в свое время возникли всюду в Западной Европе, городской администрации надо было что-то предпринимать. Требовалась модернизация общественного транспорта для сохранения его в качестве привлекательной альтернативы личному автомобилю. Во Вроцлаве, как и в многочисленных других городах Центральной и Восточной Европы, финансовые ресурсы для соответствующих мероприятий носили очень ограниченный характер. Поэтому городская власть пошла по другому пути, все внимание было уделено повышению качества и эффективности работы существующего общественного транспорта.

Частично была расширена сеть городского рельсового транспорта, который, в свою очередь, был состыкован с автобусным транспортом. В целях обеспечения бесперебойной пересадки пассажиров на центральных пересадочных остановках было согласовано движение автобусов и трамваев.

В центральных точках города и на главных пунктах пересадки созданы так называемые центры мобильности, где можно получить информацию о графике движения маршрутного транспорта, а также приобрести единый проездной билет для поездки на трамвае или автобусе (рис. 6).

На системном уровне был введен и популяризирован велосипедный транспорт. Администрации Вроцлава удалось проложить около 150 км велосипедных дорожек и создать инфраструктуру этого экологически чистого вида транспорта (рис. 7).



Рисунок 6 - Элементы инфраструктуры городского общественного транспорта города Вроцлава



Рисунок 7 – Элементы инфраструктуры велосипедного транспорта

Велосипедные дорожки связывают между собой достопримечательности города, ж/д вокзал и другие транспортные пункты. Действует широкая сеть проката велосипедов. Чтобы воспользоваться прокатом, достаточно всего лишь зарегистрироваться на сайте компании, поставляющей данную услугу, и оплатить вступительный взнос 10 PLN (около 3 у.е.). Короткие поездки (до 20 минут) будут бесплатными, с 21 до 60 минут – 1 PLN, второй час – 3 PLN, третий час – 5 PLN. Четвёртый и каждый следующий час – 7 PLN. Время работы: 24 часа в сутки, 9 месяцев в году – с 1 марта по 30 ноября.

Из всего вышесказанного можно сделать важный вывод о том, что политика города Вроцлава в сфере автомобильных стоянок, в целом, как и практически во всей Европе, приняла новое направление в пользу альтернативных социальных целей. Европейские граждане устали от того, что места общественного пользования и тротуары заняты под автомобильные стоянки. Каждое парковочное место занимает от 15 до 30 м², а отдельно взятый автомобиль использует ежедневно от двух до пяти различных стоянок.

В густонаселенных европейских городах растущее количество населения начало подвергать сомнению целесообразность использования скудных мест общественного пользования под парковки, а также создание паркомест в новых зданиях. Неважно сколько новых автомобильных стоянок или автомагистралей построено, ситуация скопления транспортных средств на УДС города только ухудшается, причем причиной 50 % заторов являются водители, которые наматывают круги в поисках дешевых автомобильных стоянок [9].

Пример города Вроцлава наглядно демонстрирует невозможность в полной мере удовлетворить постоянно растущую потребность города в стояночных местах. В этой связи, при разработке комплексной программы развития автомобильных стоянок в Республике Казахстан нами будет уделено особое внимание рекомендациям по развитию общественного транспорта и альтернативных путей передвижения, таких, например, как велосипедный транспорт.

Список литературы

1. Energy, transport and environment indicators - eurostat Pocketbooks. Eurostat (2010 edition). Проверено 27 августа 2011. Архивировано из первоисточника 15 августа 2012. See table 2.1.1 (pp. 92) and table 2.1.4 (pp.98). The rates were obtained adding the light vehicle motorization rates to the heavy vehicle rates. (англ.).
2. World Bank Data: Motor vehicles (per 1,000 people). Всемирный банк (World Bank). Проверено 27 августа 2011. Архивировано из первоисточника 15 августа 2012. (англ.)
3. Агентство Республики Казахстан по статистике. Источник в интернете: <http://www.stat.gov.kz>.
4. Свободная энциклопедия Википедия // <https://ru.wikipedia.org>.
5. <http://www.motorpage.ru>.
6. http://www.kzl.com.pl/oferta-systemy-parkingowe_ru.php.
7. <http://polandinfo.ru/Container/Details/165>.
8. Привлекательный общественный транспорт через региональное сотрудничество. Вроцлав – опыт и рекомендации / Федеральное агентство по окружающей среде. – г. Дессау (Федеративная Республика Германия) // <http://www.umweltbundesamt.de>.
9. Кодрански М. Коренной поворот в европейском парковании: от обустройства к ограничению паркомест / М. Кодрански, Г. Герман // Исследования Института политики транспорта и развития. – Германия, 2011. – 94 с.

Получено 4.02.2015

УДК 622.271:622.831

Т.М. Кумыкова, В.Х. Кумыков, Я.Ю. Терешина

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

**ИННОВАЦИОННАЯ ПОЛИТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РУДНИКА
НА ОСНОВЕ МОДЕРНИЗАЦИИ ПНЕВМОСЕТИ**

В настоящее время именно направленность на формирование и повышение реализации конкурентных преимуществ может гарантировать предприятию успешное преимущество на мировом рынке минерального сырья. Рыночные условия диктуют предприятиям необходимость оценки эффективности капитальных вложений в техническое перевооружение предприятий.

Основной целью инновационной политики технологического развития предприятия является обеспечение стабильной и безубыточной работы самого предприятия и его геотехнологических комплексов. Принятие организационно-технических мероприятий, направленных на повышение эффективности и стабильное функционирование предприятия, осуществляется в процессе оперативного перебора возможных вариантов имитационных моделей шахтных воздухопроводов и технологического оборудования, запитанного от пневмосетей.

Предлагаемый подход заключается в том, что поиск комплекса инновационных мер технологического развития предприятия осуществляется на основе оперативной экспертной оценки планируемых мероприятий на основе объективно полученной информации, оперативного мониторинга и комплексной оптимизации на основе имитационного моделирования, планирования и управления в плане повышения эффективности взаимодействия элементов пневмоэнергокомплекса: выработка - транспортирование - распределение - потребление сжатого воздуха, с целью повышения производительности технологического оборудования при экономном расходовании энергетических затрат.

Первоначально на основе фактических данных осуществляется планирование мероприятий в рамках технологического развития производства, выбирается оптимальная структура пневмоэнергокомплекса.

Одним из основных принципов в подходе к имитации работы энергопневмосистем рудников на основе логико-математического моделирования является адекватность экономико-математической модели системы реальному учету движения материальных и энергетических средств на руднике. Это служит базой адекватного учета технического состояния основного энергетического и технологического оборудования и пневмотранспортных коммуникаций, а также оценки эффективности их функционирования.

Таким образом, предлагаемый подход к инновационной политике технологического развития горнодобывающего предприятия позволяет рассмотреть возможные рациональные варианты развития экономики предприятия и выбрать оптимальный для конкретных горно-геологических, горно-технических, технологических и экономических условий эксплуатации месторождения полезных ископаемых. Важным отличием данного подхода является его реализация на основе фактических данных мониторинга пневмоэнергокомплекса, что обеспечивает устойчивое развитие геотехнологического комплекса горнодобывающего предприятия.

Выбор и замена технологического оборудования (компрессоров, бурильных установок и т.п.) и пневмотранспортных коммуникаций относятся к техническому виду инноваций,

которые рассматриваются как мероприятия по освоению более мощного и производительного оборудования, замены старого на новое и т.д. Выбор оборудования обуславливается большим количеством факторов организационного, технического, технологического и экономического плана.

Главными факторами, определяющими область применения материала воздухопровода, являются: давление, температура и транспортируемая среда. Четвертым фактором, оказывающим влияние на выбор материала, является наличный ассортимент труб. Особое значение для высвобождения металла при строительстве шахтного воздухопровода имеют трубы, вырабатываемые из различных пластмасс, в частности из полиэтилена и винипласта.

При этом несомненный интерес представляет химическая стойкость пластмасс в многочисленных средах в эксплуатационный период. По результатам теоретических и лабораторных экспериментальных исследований выявлены два чрезвычайно ценных факта – высокая коррозионная стойкость и то, что пластмассовые трубы не склонны к образованию отложений на гладких внутренних поверхностях [1]. Пластмассовые трубы выгодно отличаются от металлических значительно большим сроком службы, сравнительной легкостью производства монтажных работ.

Полиэтилен является продуктом полимеризации углеводородов. Полиэтиленовые трубы вырабатываются из полиэтилена низкой плотности, получаемого при высоком давлении, и из полиэтилена высокой плотности, вырабатываемого при низком давлении. Полиэтиленовые трубы являются эластичными нежесткими. Винипластовые трубы вырабатываются из синтетической смолы – поливинилхлорида. Эти трубы являются жесткими. Они находят широкое применение наряду с полиэтиленовыми. Но следует учитывать то обстоятельство, что сжатый воздух считается опасным при хрупком разрушении поливинилхлорида в шахтных условиях.

Учитывая это обстоятельство, в результате выполнения научно-исследовательской работы [2] были разработаны дополнения к «Общесоюзным нормам технологического проектирования компрессорных станций и воздухопроводных сетей» при использовании полимерных труб, в которых предложены исходные материалы для проектирования рудничных воздухопроводов из полимеров.

На основе обобщения передового отечественного и зарубежного опыта эксплуатации пластиковых трубопроводов [3, 4, 5] и лабораторных исследований, проведенных в лаборатории «Механизации подземных горных работ» (ВНИИцветмет), предложено при проектировании шахтных пневмосетей использовать полиэтиленовые трубы.

Установлено, что полиэтиленовые трубы, по сравнению с другими пластмассовыми, в настоящее время являются наиболее перспективными. Небольшой вес полиэтиленовых труб при значительной длине создают большие удобства при монтаже рудничных воздухопроводов. Тот факт, что пропускная способность полиэтиленовых труб значительно больше, чем стальных, дает возможность уменьшить их расчетное сечение.

Анализ свойств полимерных материалов показывает, что в подземных условиях рудников могут успешно применяться трубы из полиэтилена низкой плотности (ПНП) и из полиэтилена высокой плотности (ПВП). Полиэтиленовые трубы надежно работают при давлениях до 1,1 МПа и перепаде температур от минус 30 до плюс 60 °С [3, 6, 7, 8]. Но при обосновании выбора типа пластмассы для шахтных пневмосетей необходимо особое внимание уделить вопросу длительной прочности полимерных труб. Для полимерных материалов большое значение имеет корреляция давления, температуры и времени. С увеличением температуры выше 20 °С сопротивляемость труб при воздействии давления

уменьшается, хотя такое явление присуще и металлам.

На рис. 1 и 2 представлена длительная прочность труб из ПВХ и ПНП, соответственно. Минимальная прочность за 50 лет эксплуатации при 20 °С составляет для труб из ПВХ – 6,5 МПа, а для труб из ПНП – 4,5 МПа [4].

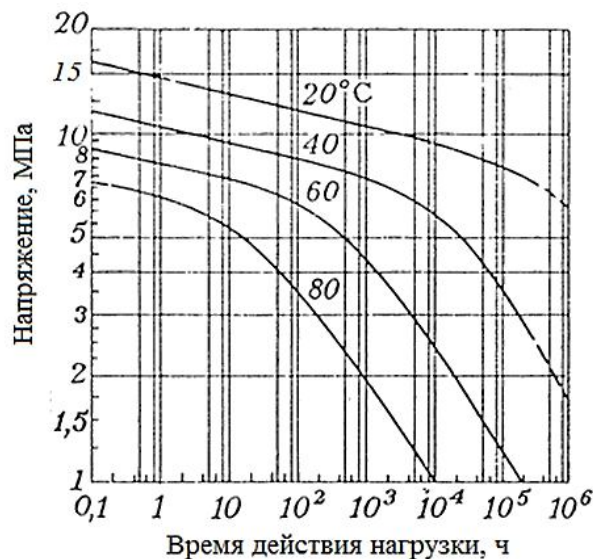


Рисунок 1 – Длительная прочность труб из ПВХ

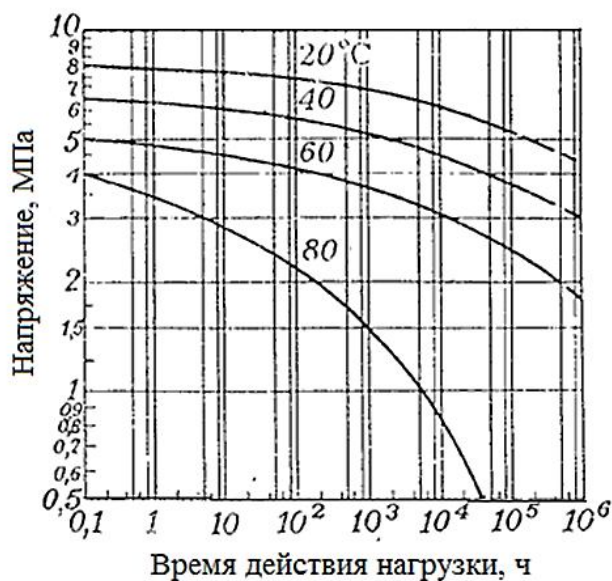


Рисунок 2 - Длительная прочность труб из ПНП

Учитывая главные факторы, определяющие длительную прочность трубы, срок службы трубопровода из полиэтилена следует выбирать в зависимости от температуры транспортируемого воздуха и преобладающего рабочего давления [9].

На рис. 3, 4 и 5 представлены зависимости срока службы труб из ПВХ и ПНП средне-

го и тяжелого типов в зависимости от температуры транспортируемого воздуха и рабочего давления.

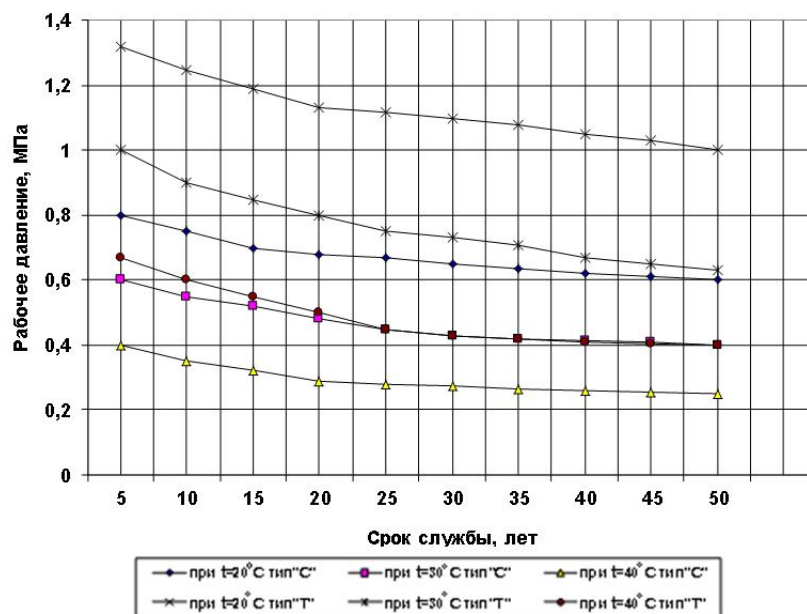


Рисунок 3 - Срок службы труб из ПВХ в зависимости от рабочего давления в трубопроводе

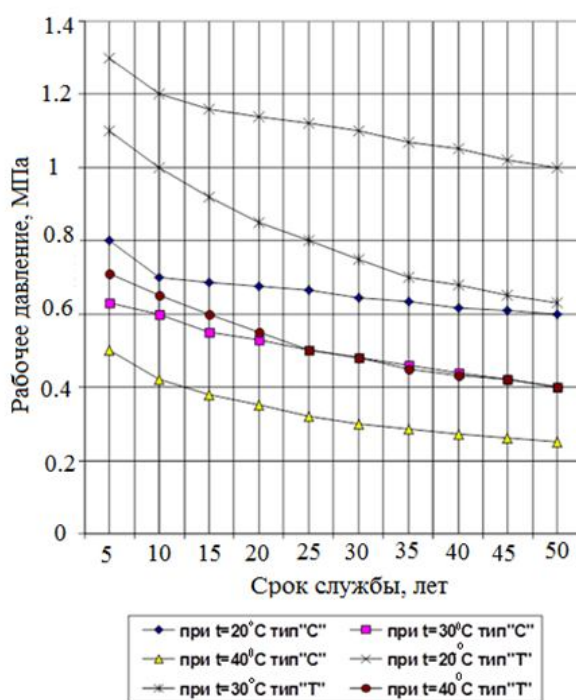


Рисунок 4 - Срок службы труб из ПНП в зависимости от рабочего давления в трубопроводе

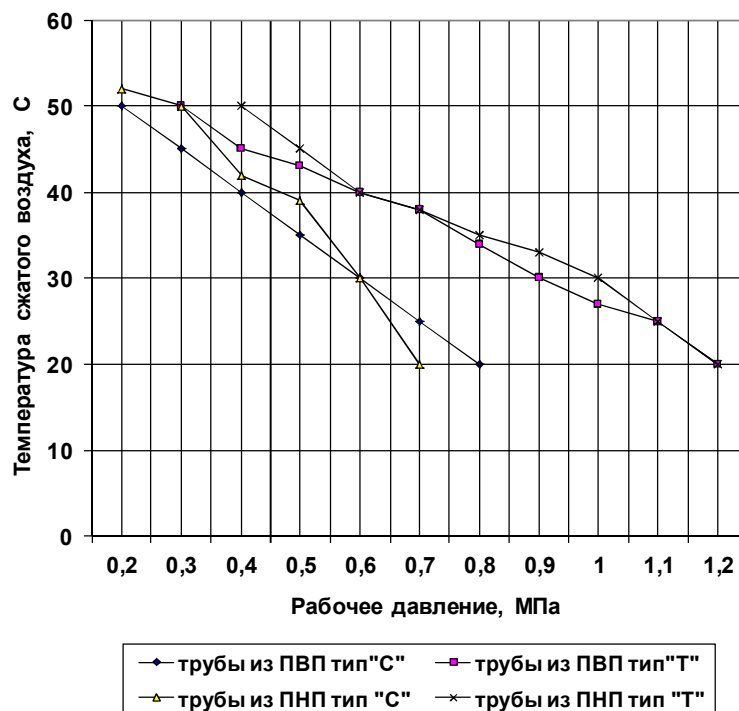


Рисунок 5 - Сравнительные характеристики трубопроводов из ПВХ и ПНП за одинаковый срок службы

Анализ графиков показывает, что трубы из ПВХ и ПНП имеют почти что одинаковые эксплуатационные характеристики. За исключением того, что трубы из ПНП на первых годах эксплуатации при высоких температурах ($50\div 60^{\circ}\text{C}$) выдерживают давление на $0,2\div 0,3$ МПа больше, чем трубы из ПВХ. Но с увеличением срока службы их характеристики выравниваются. Зато большое влияние оказывает тип труб. Трубы тяжелого типа «Т» в зависимости от температуры транспортируемого воздуха выдерживают давление на $0,2\div 0,5$ МПа больше, чем трубы из ПВХ и ПНП среднего типа «С». При температуре транспортируемого сжатого воздуха, равной температуре выработки (20°C), полиэтиленовые трубы как высокой, так и низкой плотности тяжелого типа могут обеспечивать рабочее давление от 1,0 до 1,1 МПа длительное время (до 50 лет). При сроке службы $5\div 10$ лет могут выдерживать давление до 1,2 МПа. Трубы среднего типа при сроке службы до 10 лет могут обеспечивать рабочее давление до 0,7 МПа. При более длительной их эксплуатации – 0,6 МПа.

На этом основании можно заключить, что при проектировании магистральных воздухопроводов предпочтение следует отдавать трубам типа «Т» (при давлении $1,0\div 1,1$ МПа). Применение труб типа «С» может быть рекомендовано в участковых трубопроводах при соответствующем им давлении воздуха на пневмоприемниках ($0,5\div 0,7$ МПа).

Поскольку начальная температура в пневмосети $90\div 100^{\circ}\text{C}$ (у компрессорной станции), и в результате теплообмена с окружающей средой она снизится до 20°C через $800\div 1000$ метров, то этот участок пневмосети лучше выполнять из стальных труб.

Однако следует отметить, что монтаж и эксплуатация трубопроводов из полиэтиленовых труб имеют свои особенности:

- для компенсации линейных изменений трубопроводов значительной протяженности,

не имеющих поворотов, следует предусматривать установку специальных устройств;

- в связи с более низкой, по сравнению с металлическими, жесткостью полиэтиленовых труб, трубопроводы из них требуют повышенного расхода опор на вертикальном и горизонтальном направлениях;

- полиэтилен горюч, горит с выделением окиси углерода.

Названные особенности предопределяют:

- необходимость использования соединений полиэтиленовых труб с компенсатором изменения их длины под влиянием изменений температуры;

- необходимость исключать возможность контакта трубы из полиэтилена с открытым пламенем, а рабочие места, где возможно воспламенение полиэтилена от инструмента, разогретого до температуры свыше 250 °С, оборудовать средствами пожаротушения и приточной вентиляции.

Список литературы

1. Горячева И.А. Применение полиэтиленовых труб для горячего водоснабжения / И.А. Горячева, М.М. Сапожников // Научные труды Академии коммунального хозяйства. - М.: ОНТИ, 1962. - Вып. 18. - 18 с.
2. Изыскать область эффективного применения полимерных труб в системе рудничного пневматического хозяйства // Инф. карта / ВНИИцветмет. - Усть-Каменогорск, 1988. - 49 с.
3. Ромейко В.С. Пластмассовые трубопроводы / В.С. Ромейко, А.Н. Шестопал, А.А. Перелон. - М.: Высшая школа, 1984. - 95 с.
4. Справочник по пластмассовым трубам // Пер. с немецкого под ред. В.С. Кима. - Л.: Химия, 1985. - 155 с.
5. СН 478-80. Инструкция по проектированию и монтажу сетей водоснабжения и канализации из пластмассовых труб. - М.: Стройиздат, 1981. - 53 с.
6. Сапожников М.М. Экономия металла при устройстве санитарно-технических систем // Строительное производство. - Л.: Знание, 1964. - Вып. 1. - 25 с.
7. Сапожников М.М. Техничко-экономическая оценка пластмассовых трубопроводов для водоснабжения жилых зданий / М.М. Сапожников, Е.И. Беркман // Академия коммунального хозяйства. - Л.: ОНТИ, 1961. - Вып. 8. - 23 с.
8. Колчинский Ю.Л. Изготовление и монтаж технологических трубопроводов из неметаллических материалов. - М.: Стройиздат, 1985. - 156 с.
9. Кумыкова Т.М. Инновационная система воздухообеспечения подземного рудника / Т.М. Кумыкова, В.Х. Кумыков. - Усть-Каменогорск: ВПК Арго, 2010. - 99 с.

Получено 16.02.2015

УДК 622.271:622.831

В.Х. Кумыков, Т.М. Кумыкова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАМЕНЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБ ПОЛИМЕРНЫМИ

Технологические трубопроводы рудников, независимо от их назначения, протяженности и нагрузки, выполняются из металлических труб. Анализ показывает, что наибольшей металлоемкостью на рудниках обладают трубные коммуникации систем пневмоснабжения, длина которых исчисляется десятками километров. Это приводит к необоснованному перерасходу металла, трудозатрат, а в условиях агрессивных шахтных сред - к частым ремонтным работам, связанным с коррозией труб.

Основными видами коррозии, которым интенсивно подвергаются трубы систем пнев-

моснабжения, являются химическая, электрохимическая и электрическая коррозия. Первый и второй вид коррозии вызывается конденсатом, который образуется при сжатии воздуха, и его охлаждением в процессе транспортирования, а также капеза воды в горных выработках, отличающейся большой агрессивностью. Такая коррозия соответственно разрушает трубы изнутри или снаружи и загрязняет частицами ржавчины сжатый воздух. Электрическая коррозия возникает под влиянием блуждающих электрических токов, порождаемых рельсовым электротранспортом и утечкой электроэнергии из энергетических систем. Как правило, такая коррозия разрушает трубы снаружи.

Срок службы стальных труб во многих случаях не превышает 3-6 лет. Столь малый срок службы труб, необходимость их замены приводит к непроизводительной трате металла.

Причем, чем больше давление в трубах, тем больше толщина их стенок. Это влечет за собой значительное увеличение расхода металла для изготовления труб (табл.). Вес труб диаметром более 300 мм исчислен при толщине стенок 12 мм.

*Количество стали, высвобождаемое при замене
металлических труб неметаллическими*

Диаметр труб, мм	Количество металла на 1 тыс. м труб, т
13	1,7
25	2,9
50	4,9
100	10,8
150	17,8
200	49
300	82
400	122

Вместе с тем широкое применение в различных отраслях промышленности находят полимерные трубы в трубопроводах, работающих при давлениях до 1,6 МПа. Для технологической оценки эффективности замены металлических труб полимерными, в системе пневмоэнергокомплекса подземного рудника, сравним потери давления на участках пневмосети из металлических и полимерных труб.

Согласно предложенной методике гидравлического расчета труб шахтной пневмосети из различных материалов [1] на основе их аэродинамического сопротивления произведен расчет потерь давления на герметичном участке воздухопровода длиной 1 м, выполненного из металлических и полимерных труб. Результаты расчета представлены на рис. 1 и 2.

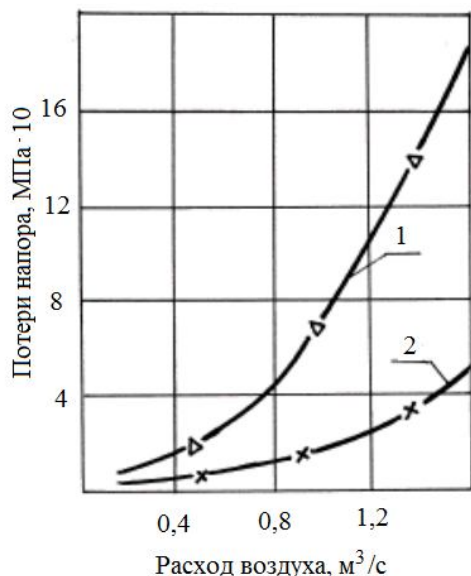


Рисунок 1 – Зависимость потерь напора от расхода воздуха: 1 - в металлическом трубопроводе; 2 - полимерном трубопроводе ($D=0,1$ м; $P_k=0,5$ МПа)

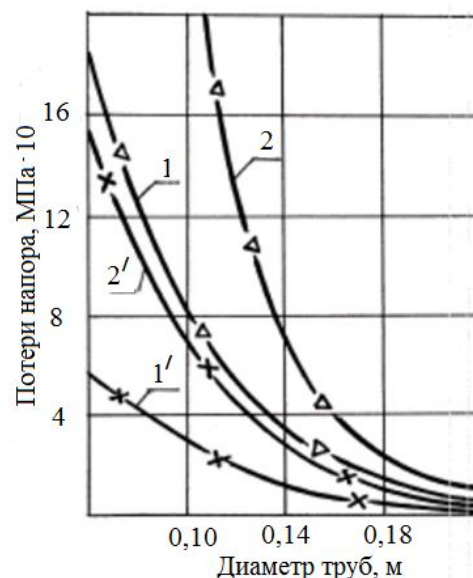


Рисунок 2 - Зависимость потерь напора от диаметра труб: 1,2 - металлических при $Q=1$ и 2 м³/с; 1', 2' - полимерных при $Q=1$ и 2 м³/с ($P_k=0,5$ МПа)

Из графиков видно, что в рабочем диапазоне расходов сжатого воздуха потери давления в трубопроводах из полимерных материалов ниже, чем в металлических трубопроводах, причем при увеличении расхода их относительная разница возрастает и при максимальных значениях достигает 50 процентов (и более). Установленная зависимость является теоретической основой для замены стальных труб полимерными.

Получено выражение для определения диаметра полимерных труб при замене ими металлических при условии обеспечения одинаковых давлений и расхода по трубопроводу:

$$D_{\Pi} = \frac{D_M^{1,1}}{Q^{0,05}}. \quad (1)$$

По формуле (1) рассчитаны эквивалентные диаметры воздухопроводов при различных значениях расходов. Полученные данные позволяют построить номограмму (рис. 3) для выбора сечений полимерных труб при замене ими металлических. Из номограммы видно, что пропускная способность полимерных труб больше, чем у металлических. Причем с увеличением расхода сжатого воздуха разница в пропускной способности полимерных и металлических труб возрастает, что наглядно представлено на рис. 4.

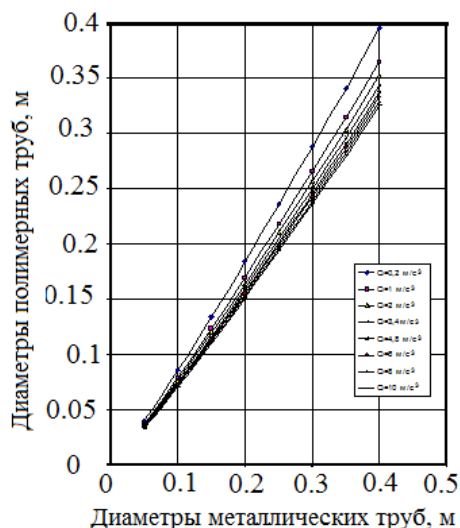


Рисунок 3 - Номограмма для выбора сечений полимерных труб

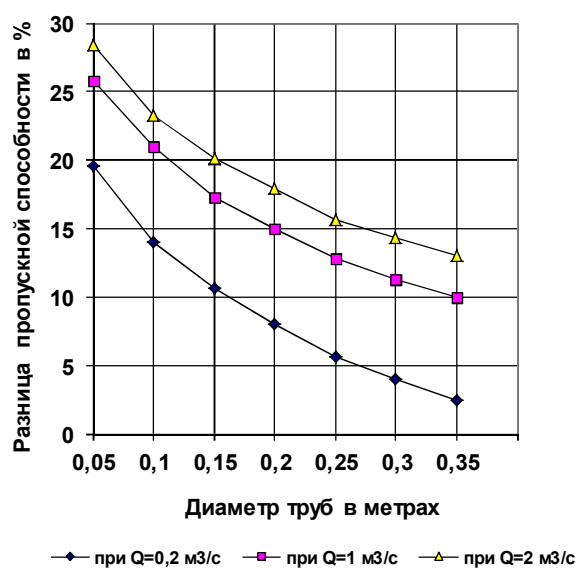


Рисунок 4 - Градиент пропускной способности полимерных труб

Полученные данные позволяют сделать вывод, что пропускная способность полимерных труб в среднем на 20-25 % выше, чем у металлических. Следовательно, при замене металлических труб полимерными, в зависимости от диаметра труб и расхода сжатого воздуха, диаметр полимерных труб можно принимать на 10-15 % меньше, чем металлических.

Выявленные авторами гидравлические закономерности в области потерь давления в полимерных трубах согласуются с данными ряда исследователей, проводивших опыты с трубами из различных материалов для систем пневмо- и водоснабжения [2, 3, 4, 5, 6, 7].

Причем при применении стальных труб следует учитывать возможность возрастания в них потерь давления из-за уменьшения живого сечения трубы и увеличения шероховатости в процессе эксплуатации. А при использовании полимерных труб, по-видимому, надо принять гипотезу постоянства гидравлического сопротивления в процессе их работы, поскольку их внутренняя поверхность с течением времени не подвергается изменениям, вследствие чего расчетные значения потерь давления сохраняются на весь период работы.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Установлено, что пропускная способность полимерных труб на 20-25 % больше, чем металлических при равенстве их диаметров. При этом выявлено, что в заданном рабочем диапазоне расходов сжатого воздуха потери давления в трубопроводах из полимерных материалов в 1,5-2 раза ниже, чем в металлических.

2. Получена аналитическая зависимость, позволяющая определить диаметр полимерных труб при замене ими металлических при обеспечении одинаковых давлений и расхода по трубопроводу. С использованием этой модели построена номограмма для выбора сечений полимерных труб при замене ими металлических.

3. Замена материала шахтной пневмосети позволяет уменьшить коэффициент гидравлических сопротивлений, обеспечив его постоянство на весь срок службы трубопровода, и, как следствие, уменьшить потери давления, увеличив работоспособность воздуха, устранить засорение сжатого воздуха частичками ржавчины, увеличив срок службы пневмодвигателей, облегчить трудоемкость монтажных работ и высвободить значительное ко-

ЛИЧЕСТВО МЕТАЛЛА.

Список литературы

1. Кумыкова Т.М. Методика проведения гидравлического расчета труб шахтной пневмосети из различных материалов / Т.М. Кумыкова, В.Х. Кумыков // Вестник ВКГТУ. – 2010. – № 3. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2010. – С. 24–27.
2. Сапожников М.М. Гидравлические закономерности турбулентного движения в трубах из различных материалов. – М.: Стройиздат, 1964. – 191 с.
3. Справочник по пластмассовым трубам // Пер. с нем. под ред. В.С. Кима. – Л.: Химия, 1985. – 155 с.
4. Кузнецов Ю.В. Сжатый воздух / Ю.В. Кузнецов, М.Ю. Кузнецов. – Екатеринбург: Уральское отделение РАН, 2003. – 283 с.
5. Миняев Ю.Н. Энергетическое обследование пневмохозяйства промышленных предприятий. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003. – 131 с.
6. Миняев Ю.Н. Энергосбережение при производстве и распределении сжатого воздуха на промышленных предприятиях. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. – 131 с.
7. Кузнецов Ю.В. Рабочее давление сжатого воздуха / Ю.В. Кузнецов, М.Ю. Кузнецов // Энергоанализ и эффективность. – 2005. – № 4–6.

Получено 18.02.2015

УДК 621.791.927.5

Ю.И. Лопухов, М.Т. Төреханова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

АЗОТИСТАЯ ПОРИСТОСТЬ И СПОСОБЫ ЕЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ В АЗОТСОДЕРЖАЩЕЙ АТМОСФЕРЕ

Одним из важнейших условий устойчивой работы затвора трубопроводной арматуры является получение на уплотнительных поверхностях плотного без пор наплавленного металла.

Поры, выходящие на поверхность, могут вызвать нарушение герметичности арматуры при закрытом затворе, а также явиться очагом эрозионных разрушений, в особенности в условиях скоростных потоков среды. Поры содействуют и коррозионному разрушению металлов, так как под действием определенных агрессивных сред они, увеличиваясь в размерах, вызывают нарушение герметичности затвора. В поры могут внедряться различного рода абразивные частицы, которые являются источником образования задиров на трущихся поверхностях и преждевременного их износа. На трущихся поверхностях трубопроводной арматуры условных проходов до Ду 80 мм поры вообще не допускаются, а на условных проходах свыше Ду 80 мм допускается весьма ограниченное количество пор [1].

Поэтому исследования и разработка технологии наплавки трущихся поверхностей арматуры в азоте и азотсодержащих газовых смесях по выявлению закономерностей образования пор и их предотвращения в наплавленном металле является одной из основных задач исследования.

Предупреждение азотистой пористости. Эффективным средством предупреждения или торможения выделения газа из расплава и образования газовых пузырьков и пор является повышение его растворимости в расплавленном металле. Это позволяет уменьшить пересыщение металла, т.е. иметь минимальную разность между количеством рас-

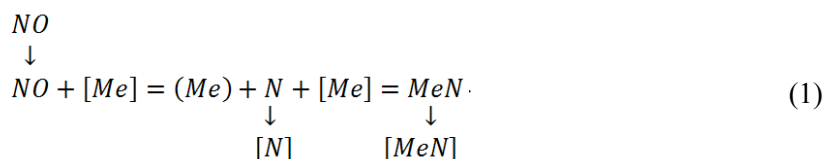
творенного азота в сварочной ванне и его равновесной концентрацией, и таким образом уменьшить или вовсе устранить выделение газа из ванны жидкого металла.

В.В. Подгаецкий [2] установил, что для снижения азотистой пористости требуется три основных фактора:

1. Ограничение растворения азота в жидком электродном металле и металлической ванне до величины, меньшей предела растворимости азота в жидком металле.
2. Повышение растворимости азота в твердом металле.
3. Связывание азота в металле шва в стойкие нитриды.

Эти три направления взаимно дополняют друг друга и требуют конкретного подхода при разработке и применении тех или иных наплавочных материалов и технологии наплавки.

Повышению растворимости азота в наплавленном металле содействует наличие окиси азота на поверхности сварочной ванны. Тогда механизм растворения азота при наличии окиси азота можно представить схемой:



Окись азота адсорбируется у поверхности сварочной ванны и затем восстанавливается железом или другими элементами. Восстановленный азот растворяется в металле в виде атомов или нитридов.

В то же время отсутствие окиси азота влияет на процесс растворения азота. Он происходит, главным образом, в столбе дуги на конце электрода, где существует большая концентрация активного атомарного азота. Это доказывается тем, что с увеличением времени пребывания каплей расплавленного металла на конце электрода, при уменьшении сварочного тока и увеличении напряжения на дуге, содержание азота в металле заметно повышается.

Наличие же окиси азота позволяет дополнительно поглощать азот металлом на поверхности сварочной ванны, где температура меньше, чем на концах электрода, и где отсутствует активный атомарный азот.

В условиях дуговой наплавки в азоте в присутствии углекислого газа и продукта его диссоциации – кислорода, окись азота образуется по следующим реакциям:



Таким образом, наличие углекислого газа в смеси с азотом содействует лучшему поглощению азота наплавленным металлом и одновременно снижает количество азота, выделяемого на поверхность металла в процессе кристаллизации сварочной ванны.

Образование нитридов. Сродство любого элемента к азоту можно характеризовать величиной свободной энергии образования соответствующего нитрида. Чем выше термодинамическая прочность и больше активность нитридообразующего элемента, тем ниже давление, при котором образуется нитридная фаза (табл. 1). Из таблицы видно, что наиболее термодинамически прочными являются нитриды Ti, Zr, Ce.

В зависимости от присутствия в расплаве легирующих элементов, имеющих различное сродство к азоту, изменяется и коэффициент активности азота. Коэффициент активности азота в расплаве с легирующими элементами $fN(Me-j)$ определяется из соотношения [2]:

$$f_{N(Me-j)} = [N]Me/[N]Me-j, \quad (6)$$

где $[N]Me$ – концентрация азота в основе сплава; $[N]Me-j$ – концентрация азота в сплаве с легирующими элементами.

При постоянных PN_2 и T , если легирующий элемент повышает коэффициент активности азота, растворимость понижается, и наоборот.

Таблица 1

Значения энтальпий образования нитридов [3]

Элемент	Нитрид	H^0 , ккал/моль
Al	AlN	-76,5
Si	Si ₃ N ₄	-44,0
Ti	TiN	-80,5
Zr	ZrN	-87,5
Nb	NbN	-42,0
Cr	Cr ₂ N	-58,6
	CrN	-25,6
Mo	Mo ₂ N	-28,2
Fe	Fe ₄ N	-16,6
	Fe ₂ N	-1,1
Co	Co ₃ N	-2,7
Ni	Ni ₃ N	+2,0
Ce	CeN	-78,0
W	W ₂ N	17,0

Вводя нитридообразующие элементы Ti, Al, Zr, Nb, V, Mo, можно предупредить пористость, вызванную азотом. Образование нитридов препятствует выделению азота в свободном состоянии. Нитридообразующие элементы связывают азот еще в жидком металле в стойкие нитриды и таким образом предотвращают зарождение газовых пузырьков.

Для определения оптимального количества Ti, необходимого для введения в состав шихты порошковой проволокой ПП-АН133, исключающего образование пор в наплавленном металле, а также обеспечивающего при этом удовлетворительное формирование наплавленного валика, проводили исследования нескольких вариантов порошковых проволок типа 10X17H8C5Г2Т с различным содержанием ферротитана в шихтовке.

Наплавку проводили на пластины из стали 20 размером 200×100×16 мм от одного до пяти слоев в защитной атмосфере CO₂, N₂, CO₂+N₂. Схема установки для исследования представлена на рис. 1.

Содержание азота в смеси составляло 30, 50, 70 %. Режим наплавки: сварочный ток - 200 ... 220 А; напряжение дуги - 26 В; $V_H=20,5$ м/ч.

Оценку склонности наплаваемого металла к образованию пор в зависимости от состава защитной атмосферы и режимов наплавки производили цветной дефектоскопией по ОСТ 5.9537-80, класс чувствительности 2, и посредством рентгенограммы, полученной просвечиванием наплавленных образцов рентгеновским аппаратом РУП 150/300 по ОСТ 5.9095-77 на пленку РТ-1.

Результаты опытов (табл. 2, рис. 3) выявили существенное влияние содержания титана на склонность наплавленного металла к образованию пор в зависимости от состава за-

щитной атмосферы.

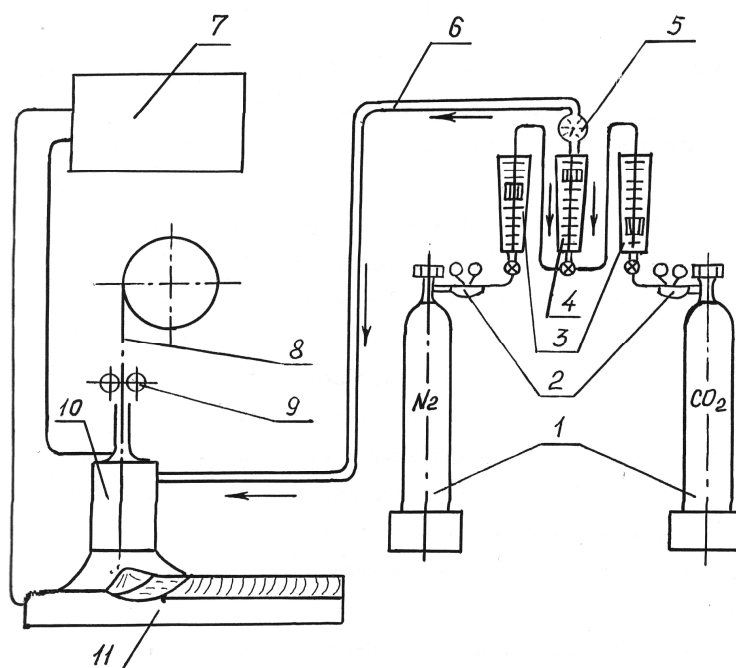


Рисунок 1 – Схема наплавочной установки для технологических исследований: 1 – баллоны с газом; 2 - постовые редукторы; 3 - ротаметры РС-3; 4 - ротаметр РС - 3А; 5 - манометр; 6 - шланг подачи защитной атмосферы; 7 - сварочный выпрямитель; 8 - наплавочная проволока; 9 - подающий механизм проволоки; 10 - газозлектрическая горелка; 11 - наплавляемая пластина

Таблица 2

Содержание титана в наплавленном металле в зависимости от состава защитной атмосферы (трехслойная наплавка)

Защитная атмосфера, %	Содержание ферротитана в проволоке, %							
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
	Содержание титана в наплавленном металле, %							
CO ₂	0,04	0,08	0,12	0,13	0,16	0,18	0,25	0,28
70CO ₂ +30N ₂	0,04	0,09	0,13	0,13	0,17	0,20	0,26	0,29
50N ₂ +50CO ₂	0,05	0,10	0,13	0,14	0,18	0,20	0,26	0,30
30CO ₂ +70N ₂	0,05	0,10	0,14	0,15	0,18	0,21	0,26	0,31
N ₂	0,06	0,11	0,14	0,16	0,19	0,21	0,27	0,31

При содержании FeTi 0,5 % поры появляются уже в первом слое. Наплавка последующих слоев повышает склонность к образованию пор. С увеличением процентного содержания азота в защитной смеси количество пор в наплавленном металле также возрастает. Наибольшее количество пор, в зависимости от содержания ферротитана в наплавочной проволоке, получено при наплавке в чистом азоте. Это можно объяснить снижением

растворимости азота в наплавленном металле в связи с отсутствием в защитной атмосфере окислителя, что согласуется с работами [4, 5].

С повышением содержания ферротитана в шихте порошковой проволоки растет содержание титана в наплавленном металле. При этом уменьшается его склонность к образованию пор и в многослойной наплавке.

С другой стороны, добавка углекислого газа к азоту в качестве защитной атмосферы усиливает кипение сварочной ванны ее высокотемпературной области за счет образования окиси углерода:



При этом образующаяся окись углерода удаляется из сварочной ванны и содействует выходу на поверхность пересыщенного азота из жидкого металла.

Следует подчеркнуть, что поры, в основном, образуются в конце наплавленного валика. Это явление, по-видимому, можно объяснить наличием «пузырькового кипения» сварочной ванны ввиду пересыщения поверхностных слоев азотом.

Однако с повышением содержания ферротитана в шихте порошковой проволоки ПП-АН133 плотность наплавленного металла возрастает (рис. 2). При содержании ферротитана в пределах 3,5...4,0 % зарегистрировано отсутствие пор даже в пятислойной наплавке в исследуемых защитных атмосферах при напряжении дуги свыше 28 В.

Титан как сильный нитридообразователь, увеличивая растворимость азота в наплавленном металле, уменьшает его выделение в процессе кристаллизации сварочной ванны. Титан еще в жидком металле увеличивает промежуток времени до начала «пузырькового кипения». При этом кристаллизация сварочной ванны успевает произойти еще до начала возможного ее кипения.

С увеличением напряжения дуги склонность наплавленного металла к порообразованию возрастает (рис. 2), так как растворимость азота в металле повышается. Поэтому наплавку необходимо производить на минимально допустимом напряжении дуги, обеспечивающем удовлетворительное формирование наплавленного валика. Следует отметить, что содержание титана в наплавленном металле более 0,4 % практически не изменяет растворимость азота в наплавленном металле, но при этом ухудшаются технологические свойства проволоки, менее устойчиво горит дуга, наблюдается повышение шлакообразования и затрудняется отделимость шлаковой корки.

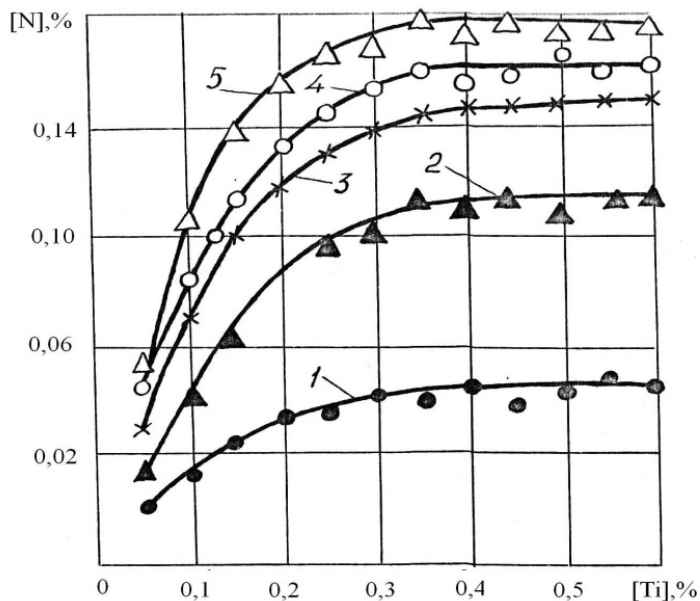


Рисунок 2 - Влияние титана на растворимость азота в наплавленном металле (ПП-АН133, 3-слойная наплавка): 1 - CO_2 ; 2 - 30 % N_2 + 70 % CO_2 ; 3 - 50 % N_2 + 50 % CO_2 ; 4 - 70 % N_2 + 30 % CO_2 ; 5 - 100 % N_2

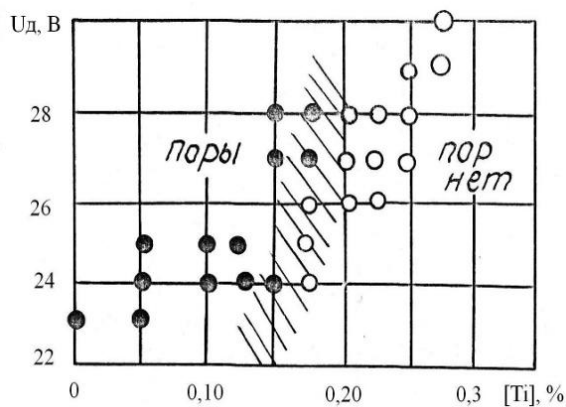


Рисунок 3 - Влияние содержания титана в наплавленном металле на снижение в нем склонности к образованию пор (4-слойная наплавка)

Таким образом, существенным фактором, снижающим образование пор от азота в наплавленном металле 10X17H8C5Г2Т, является содержание ферротитана в шихте порошковой проволоки ПП-АН 133. При этом содержание титана в наплавленном металле должно быть в пределах 0,2...0,4 %. Дальнейшее увеличение концентрации титана приводит к ухудшению формирования наплавленного металла и к увеличению количества шлака на поверхности наплавленного слоя. Введение углекислого газа не менее 30 % к азоту позволяет получать плотный наплавленный металл за счет лучшего поглощения им азота.

Список литературы

1. ОСТ 5.9937-84. Наплавка уплотнительных и трущихся поверхностей износостойкими материалами. - Введ. 01.01.1985. - 28 с.
2. Подгаецкий В.В. Неметаллические включения в сварных швах. - М: Машгиз, 1962. - 94 с.

3. Проблемы специальной металлургии/ Б.Е. Патон, В.И. Лакомский и др. //Сб. науч. тр. – Киев: Наукова думка, 1975. – № 1. – С. 68-88.
4. Папков А.М. Исследование автоматической наплавки в углекислом газе с принудительным охлаждением струей воды: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Челябинск, 1965. – 16 с.
5. Пористость швов при сварке высоколегированных аустенитных азотсодержащих сталей / В.Н. Липодаев, А.М. Солоха, М.А. Сердюк и др. // Автоматическая сварка. – 1975. – № 8. – С. 15.

Получено 12.01.2015

УДК 656.13.05

А.А. Макенов, К.В. Климов, А.А. Давыдов

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ
БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ**

Автомобильный транспорт Республики Казахстан в последнее десятилетие активно развивался, что предопределило его существенное значение в структуре транспортных услуг. В республике ежегодно наблюдается пополнение парка легковых и грузовых автомобилей, автобусов, развивается сеть автомобильных дорог и услуг автосервиса, принимаются радикальные меры по гармонизации автомобильного транспорта и его инфраструктуры к международным требованиям [1]. На долю автомобильного транспорта приходится значительная часть перевозок грузов и пассажиров. По прогнозу экспертов, к 2015 году доля грузооборота автомобильного транспорта увеличится до 35% [2].

Основные проблемы автомобильного транспорта в Республике Казахстан, которые нуждаются в радикальном разрешении, связаны с несбалансированным его развитием, отсталым техническим состоянием инфраструктуры и парка автотранспортных средств, недостаточным обеспечением отрасли квалифицированными кадрами. Существующее техническое состояние автотранспортных средств также способствует ухудшению экологической обстановки, особенно в крупных городах, и создает высокий риск аварийности [2].

Развивающаяся экономика Республики Казахстан способствует развитию и расширению автомобильных перевозок, с одной стороны, а с другой - способствует усилению негативных последствий, которые выражаются в увеличении числа дорожно-транспортных происшествий (ДТП), количества погибших и раненых, загрязнении окружающей среды и росте экономического ущерба.

Согласно сведениям банка данных учета ДТП и лиц, в них пострадавших, за 2013 год по республике зарегистрировано 23359 ДТП, в то время как за 2012 год – 14168 происшествий [3]. Следовательно, наблюдалось увеличение числа зарегистрированных ДТП на 64,9 %. В результате ДТП погибли более 3 тысяч человек, 29 тысяч получили телесные повреждения различной степени. Все это свидетельствует о тревожной ситуации в сфере обеспечения безопасности дорожного движения.

За 2014 год по республике зарегистрировано 20 378 ДТП, в которых погибли 2 585 человек и ранены 25 942 человека. По сравнению с прошлым годом количество ДТП снизилось на 14 %, число погибших в них людей - на 15 %, что свидетельствует об определенных результатах планомерной профилактической работы по обеспечению безопасности дорожного движения.

Основной причиной большого количества ДТП, по-прежнему, является низкая дисциплина водителей транспортных средств, допускающих такие нарушения Правил дорожного движения Республики Казахстан, как превышение допустимой скорости движения, выезд на встречную полосу движения, нарушение правил проезда перекрестков и проезда пешеходных переходов. По вине водителей транспортных средств зарегистрировано 18 923 ДТП, что составляет 93 % всех происшествий.

В связи с этим перед государством возникает важнейшая задача обеспечения эффективности транспортного процесса при гарантированном уровне безопасности дорожного движения, что обуславливает необходимость разработки действенных и обоснованных мер по снижению уровня аварийности и совершенствованию перевозочных услуг.

В современных условиях одним из основных инновационных направлений по обеспечению безопасности дорожного движения является активное использование в сфере автомобильного транспорта информационных технологий.

При этом использование информационных технологий в деятельности транспортных предприятий может реализоваться по следующим направлениям [4-6]:

- внедрение информационной системы поддержания принятых решений; внедрение системы спутниковой навигации;
- внедрение системы электронного документооборота (СЭД);
- расширение номенклатуры автоматизированных рабочих мест (АРМ) специалистов.

Одним из основных направлений деятельности по совершенствованию работы транспортных предприятий по обеспечению безопасности движения является разработка и активное внедрение АРМ специалистов.

Для повышения эффективности работы по обеспечению безопасности движения нами предлагается расширить номенклатуру АРМ специалистов транспортного предприятия, дополнительно включив в нее АРМ сотрудника службы безопасности движения, АРМ сотрудника медицинского пункта и АРМ механика контрольно-пропускного пункта (КПП) [7]. Общая структурная схема информационной системы транспортного предприятия приведена на рис. 1.

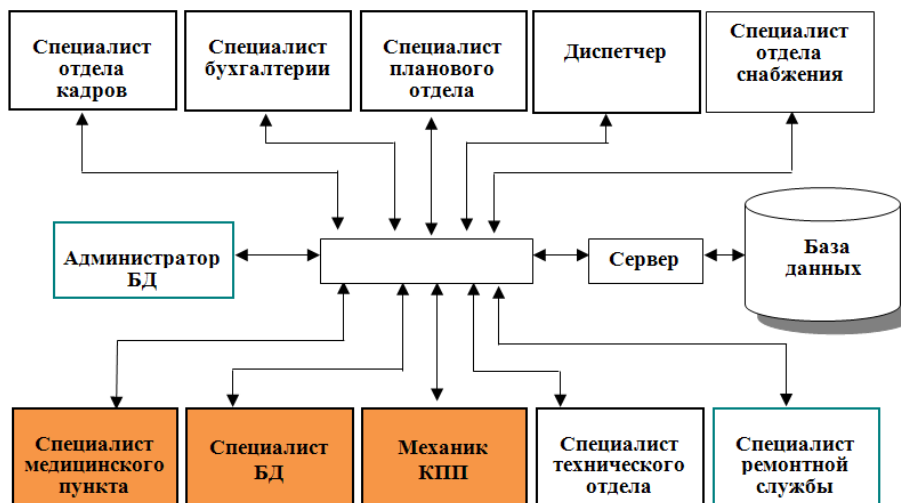


Рисунок 1 - Структура информационной системы транспортного предприятия

В перечень фрагментов предметной области, которые подлежат автоматизации, входят

накопление, хранение и обработка информации о водителях транспортных средств (ТС), медицинских обследованиях водителей транспортных средств, своевременном прохождении медицинского переосвидетельствования водителями транспортных средств, статистических данных о ДТП, нарушениях Правил дорожного движения (ПДД) Республики Казахстан, данных по учету подвижного состава, по техническому состоянию транспортных средств, техническому обслуживанию и текущему ремонту подвижного состава. При этом реализации подлежит автоматизированный поиск информации по различным критериям.

В рамках данной задачи будут реализованы следующие функции:

- учет водителей транспортных средств транспортного предприятия;
- учет прохождения ими медицинского освидетельствования;
- учет водителей транспортных средств, которые состоят на диспансерном учете;
- учет водителей транспортных средств, которые не допущены к работе;
- учет административных мер, принимаемых к водителям транспортных средств;
- учет статистических данных о ДТП;
- учет нарушений ПДД РК водителями транспортных средств, правил эксплуатации подвижного состава автомобильного транспорта;
- учет подвижного состава транспортного предприятия;
- учет своевременного проведения технического обслуживания и текущего ремонта транспортных средств;
- учет закрепления транспортных средств за водителями;
- редактирование данных;
- поиск информации по запросам пользователя;
- формирование и печать выходных документов.

Главной задачей является правильное распределение процессов между клиентом и сервером, а также уменьшение загрузки сети, которая связана с пересылкой информации.

В основе функционального подхода лежит тщательное проектирование базы данных, которое затрагивает как структуру таблиц, так и процедуры проверки корректности данных и накладываемые на них ограничения.

АРМ должно удовлетворять следующим требованиям: минимальное время ответа на аналитические запросы, своевременное удовлетворение информационных потребностей специалиста, возможность представления выходной информации в виде отчетов, предоставление необходимой справочной информации, редактирование данных, простота приемов работы на АРМ и взаимодействия оператора с ПЭВМ.

Для АРМ создается нормативная база данных: по техническим средствам, нормативным документам, по водителям ТС, программное обеспечение для работы специалистов. При этом следует обеспечить возможность редактирования оперативно-учетной и нормативно-справочной информации. В целях поддержания целостности данных средствами пользовательского интерфейса необходимо предусмотреть возможность просмотра данных специалистов других отделов предприятия.

Рассмотрим фрагменты предметной области первой группы пользователей. Эти процессы относятся непосредственно к функциональным обязанностям специалиста по безопасности движения и являются основными в данной информационной системе.

Для создания модели АРМ, которая позволяет повысить эффективность работы специалиста безопасности движения, необходимо, чтобы программа выполняла следующие основные функции: обеспечение ввода необходимых исходных данных и заполнение ба-

зы данных; хранение и корректировка информации; представление информации в удобном для восприятия виде; формирование карточек учета ДТП; заполнение журналов; выдача справочной информации. В связи с этим использована следующая структура программного обеспечения АРМ специалиста по безопасности движения (рис. 2).

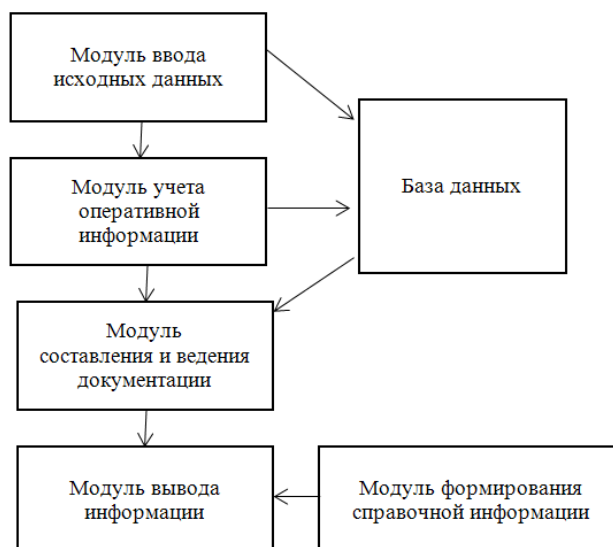


Рисунок 2 - Структура программного обеспечения АРМ специалиста по безопасности движения

Для АРМ специалистов транспортного предприятия используется электронная версия базы данных, которая имеет взаимосвязь данных между всеми подразделениями и можно использовать оптимальным образом для одного или нескольких приложений в определенной предметной области рабочей деятельности предприятия. В программе 1С-Предприятие разрабатываются информационные базы, в составе которых имеются такие документы, как карточка учета ДТП и медицинская карточка (рис. 3, 4).

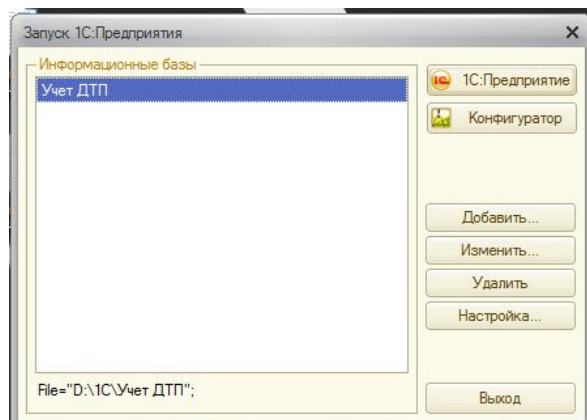


Рисунок 3 - Фрагмент «Загрузка информационной базы учета ДТП»

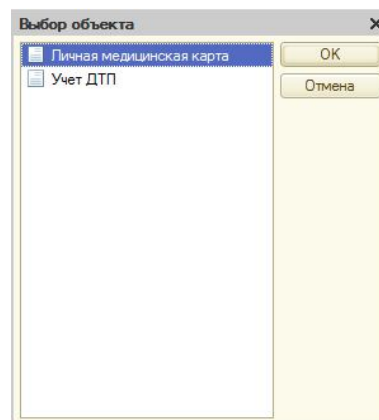


Рисунок 4 - Фрагмент «Выбор объекта»

Для учета и анализа статистических данных о ДТП используется «Карта учета ДТП»

(рис. 5). При этом все сведения накапливаются и используются для их последующего детального анализа и разработки профилактических мероприятий по обеспечению безопасности движения.

Рисунок 5 - Фрагмент карточки учета ДТП

Также можно рассмотреть фрагмент второй предметной области – работника медицинского пункта. Основные задачи сотрудника медицинского пункта на транспортном предприятии при стабильном рабочем процессе: контроль физического здоровья работников и отслеживание своевременного прохождения ими медицинских осмотров, ведение рабочей медицинской документации и отчетности, проведение санитарно-просветительской работы.

Учет медицинских обследований водителей транспортных средств осуществляется непосредственно медицинским сотрудником. При этом к основным процессам данного фрагмента относится учет данных при поступлении водителя транспортного средства на работу или профилактическом первичном осмотре, учете медицинских ограничений и др. Рабочим документом является личная медицинская карта (рис. 6). Вместе с тем имеется возможность просматривать личные данные медицинских карточек и отслеживать состояние работников в локальном режиме из базы данных, например, за определённый период времени.

Рисунок 6 - Карточка учета медицинских сведений

Аналогичным образом осуществляется организация работы по разработке и внедрению АРМ специалистов других служб и подразделений транспортного предприятия.

Разработанные АРМ специалистов транспортного предприятия представляют собой клиент-серверное приложение, однако они могут существовать и как локальный самостоятельный элемент системы обработки статистической информации, которая обеспечивает реализацию основных функций специалистов в области обеспечения безопасности движения. При этом ввод данных будет осуществляться с клиентских приложений, которые устанавливаются на компьютерах пользователей.

Положительным применением АРМ для специалистов транспортного предприятия являются:

- сокращение потерь времени за счет рациональной организации и ведения рабочей документации;
- сокращение времени и трудоемкости на получение статистической и справочной информации по ДТП, нарушениям ПДД РК и т.д.;
- повышение производительности труда при выполнении учетных и расчетных операций;
- сокращение числа сотрудников, которые заняты на данном участке работы при автоматизированной обработке информации;
- повышение уровня информационной культуры работников предприятия.

При этом следует отметить возможность интеграции разработанных программных средств с подобными системами, которые используются в подразделениях административной полиции, медицинских учреждениях и др.

Список литературы

1. Бекмагамбетов М.М. Проблемы развития автомобильного и городского транспорта Рес-

- публики Казахстан. – Алматы: Изд-во «Print-S», 2009. – 520 с.
2. Можарова В.В. Транспорт в Казахстане: современная ситуация, проблемы и перспективы развития. – Алматы: КИСИ при Президенте РК, 2011. – 216 с.
 3. Сайт Комитета по правовой статистике и специальным учетам Генеральной Прокуратуры Республики Казахстан <http://pravstat.prokuror.kz/rus>.
 4. Власов В.М. Информационные технологии на автомобильном транспорте / В.М. Власов, А.В. Николаев, А.В. Постолиит и др. – М.: Наука, 2006. – 283 с.
 5. Постолиит А.В. Информационное обеспечение автотранспортных систем: Учеб. пособие / А.В. Постолиит, В.М. Власов, Д.Б. Ефименко; Под ред. В.М. Власова / МАДИ (ГТУ). – М., 2004. – 242 с.
 6. Сапков В.В. Информационные технологии и компьютеризация делопроизводства. – СПб.: Академия, 2006. – 288 с.
 7. Макенов А.А. Использование информационных технологий в деятельности транспортного предприятия по обеспечению безопасности движения / А.А. Макенов, К.В. Климов // Вестник ВКГТУ. – 2013. – № 3. – С. 293-299.

Получено 9.02.2015

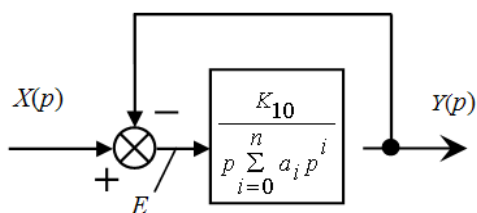
УДК 681.2 (075.8): 681.5(075.8): 006.91(075.8)

А.П. Парамзин

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

КОМПЕНСАЦИЯ ОШИБОК ПО СКОРОСТИ И УСКОРЕНИЮ В АСТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

В статье рассматриваются автоматические системы (рис. 1) с астатизмом первого порядка (такого типа системы ещё принято называть следящими). Одним из показателей качества таких систем является нулевое значение статической ошибки по управлению (или ошибки по положению). Значения других составляющих собственной ошибки воспроизведения управляющего воздействия обратно пропорциональны коэффициенту добротности разомкнутой системы. В статье предложен способ, позволяющий компенсировать ошибки по скорости и ускорению от управляющего воздействия до нулевого значения (ошибки по скорости и ускорению являются ошибками первого и второго порядка, поскольку идентифицируются первой и второй степенями оператора p характеристического уравнения разомкнутой системы).



где $X(p)$ – управляющее воздействие;
 $Y(p)$ – выходная переменная;
 K_{10} – статический коэффициент передачи;
 p – оператор Лапласа;
 a_i – коэффициенты характеристического уравнения разомкнутой системы.

Собственная ошибка воспроизведения управляющего воздействия:

$$E(p) = \frac{p}{p + \frac{K_{10}}{\sum_{i=0}^n a_i p^i}} X(p) = \frac{p}{p + \frac{K_{10}}{a_0 + a_1 p^1 + a_2 p^2 + \dots}} X(p) = \frac{a_0 p + a_1 p^2 + a_2 p^3 + \dots}{a_0 p + a_1 p^2 + a_2 p^3 + \dots + K_{10}} X(p).$$

Рисунок 1 – Структурная схема системы с астатизмом первого порядка

Пусть в процессе проектирования исходная система (назовём её силовой системой – СС) была подвергнута активной коррекции в соответствии с рекомендациями [1] при заданных запасах устойчивости по модулю и фазе, а также в соответствии с заданными требованиями к качеству переходных процессов. В итоге получена структурная схема СС, представленная на рис. 2, где τ_i – постоянные времени.

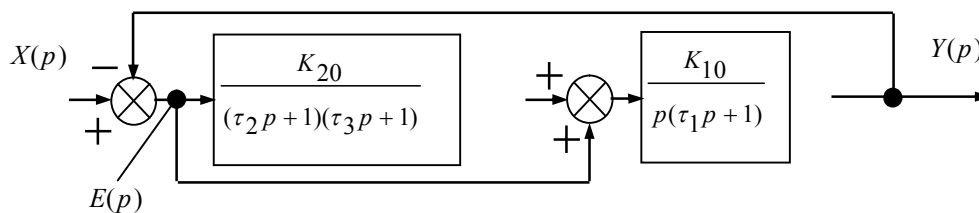


Рисунок 2 – Скорректированная силовая система

Из теории автоматического управления известно, что по виду характеристического уравнения разомкнутой системы можно судить о наличии в системе ошибки того или иного порядка. В частности, характеристическое уравнение разомкнутой системы (рис. 2) имеет вид:

$$\tau_1 \tau_2 \tau_3 p^4 + (\tau_1 \tau_2 + \tau_1 \tau_3 + \tau_2 \tau_3) p^3 + (\tau_1 + \tau_2 + \tau_3) p^2 + p = 0, \quad (1)$$

откуда следует, что ошибка нулевого порядка (то есть статическая ошибка) отсутствует, а все остальные ошибки присутствуют – их значения зависят от величины коэффициента добротности разомкнутой системы.

В то же время одно из положений теории автоматического управления указывает на возможность компенсации ошибок с помощью корректирующего сигнала, содержащего производные от управляющего воздействия. Пример такого решения с применением корректирующей системы был рассмотрен автором [2]. Корректирующая система (КС) выполняет только функцию дифференциатора и не предназначена для участия в технологическом процессе. Структурная схема объединённой системы, содержащей СС и КС, приведена на рис. 3, где φ – коэффициент передачи звена связи.

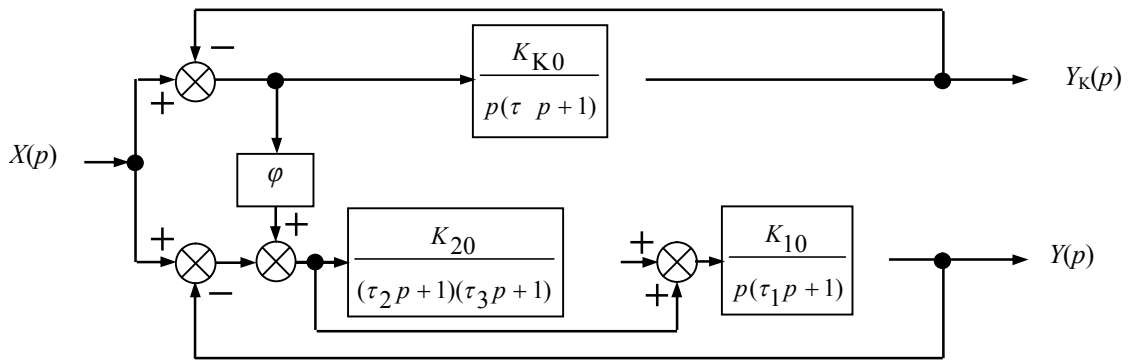


Рисунок 3 – Структурная схема объединённой системы

Введём обозначения:

$$\frac{K_{10}}{p(\tau_1 p + 1)} = K_1(p); \quad \frac{K_{20}}{(\tau_2 p + 1)(\tau_3 p + 1)} = K_2(p); \quad \frac{K_{K0}}{p(\tau p + 1)} = K_K(p), \quad (2)$$

тогда передаточная функция замкнутой объединённой системы будет иметь вид:

$$W_3(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{K_1(p) \cdot [K_2(p) + 1] \cdot [K_K(p) + (1 + \varphi)]}{[1 + K_1(p) + K_1(p)K_2(p)] \cdot [K_K(p) + 1]}. \quad (3)$$

От (3) перейдём к передаточной функции разомкнутой системы при условии, что $W_p(p) = W_3(p)[1 - W_3(p)]$:

$$W_p(p) = \frac{K_1(p) \cdot [K_2(p) + 1] \cdot [K_K(p) + (1 + \varphi)]}{[1 + K_1(p) + K_1(p)K_2(p)] \cdot [K_K(p) + 1] - K_1(p) \cdot [K_2(p) + 1] \cdot [K_K(p) + (1 + \varphi)]}. \quad (4)$$

Характеристическое уравнение передаточной функции (4) имеет вид:

$$[1 + K_1(p) + K_1(p)K_2(p)] \cdot [K_K(p) + 1] - K_1(p) \cdot [K_2(p) + 1] \cdot [K_K(p) + (1 + \varphi)] = 0$$

и после преобразования

$$1 + K_K(p) - \varphi K_1(p) \cdot [K_2(p) + 1] = 0. \quad (5)$$

Выполним подстановку (2) в (5), получим:

$$\frac{[p(\tau p + 1) + K_{K0}] \cdot [p(\tau_1 p + 1)(\tau_2 p + 1)(\tau_3 p + 1)] - \varphi K_{10} p(\tau p + 1) \cdot [(\tau_2 p + 1)(\tau_3 p + 1) + K_{20}]}{p^2(\tau p + 1)(\tau_1 p + 1)(\tau_2 p + 1)(\tau_3 p + 1)} = 0$$

и после преобразования числителя:

$$\begin{aligned} & \tau \tau_1 \tau_2 \tau_3 p^6 + [\tau(\tau_1 \tau_2 + \tau_1 \tau_3 + \tau_2 \tau_3) + \tau_1 \tau_2 \tau_3] p^5 + \\ & + [\tau(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3) + \tau_1 \tau_2 + \tau_1 \tau_3 + \tau_2 \tau_3 + K_{K0} \tau_1 \tau_2 \tau_3] p^4 + \\ & + [(\tau + \tau_1 + \tau_2 + \tau_3) + K_{K0}(\tau_1 \tau_2 + \tau_1 \tau_3 + \tau_2 \tau_3)] p^3 + [1 + K_{K0}(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3)] p^2 + K_{K0} p - \\ & - \varphi K_{10} p [\tau \tau_2 \tau_3 p^3 + (\tau \tau_2 + \tau \tau_3 + \tau_2 \tau_3) p^2 + (\tau + \tau_2 + \tau_3 + K_{20} \tau) p + (1 + K_{20})] = 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Условия компенсации скоростной ошибки определим из коэффициентов при p в первой степени:

$$K_{K0} - \varphi K_{10}(1 + K_{20}) = 0 \Rightarrow \varphi = \frac{K_{K0}}{K_{10}(1 + K_{20})}. \quad (7)$$

Условия компенсации ошибки по ускорению определим из коэффициентов при p во второй степени:

$$1 + K_{K0}(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3) - \varphi K_{10}(\tau + \tau_2 + \tau_3 + K_{20}\tau) = 0 \Rightarrow \tau = \frac{1}{K_{K0}} + \tau_1 + \frac{K_{20}}{1 + K_{20}}(\tau_2 + \tau_3). \quad (8)$$

Таким образом, для реализации условий компенсации ошибок по скорости и ускорению от управляющего воздействия в силовой системе (рис. 2) достаточно настроить коэффициент передачи φ звена связи согласно (7) и задать значение постоянной времени τ корректирующей системы согласно (8). Из полученных соотношений следует, что величина коэффициента добротности K_{K0} не зависит от каких-либо параметров, поэтому можно задать $K_{K0} = 1 + K_{20}$, тогда

$$\varphi = \frac{1 + K_{20}}{K_{10}(1 + K_{20})} = \frac{1}{K_{10}}; \quad \tau = \frac{1 + \tau_1 + K_{20}(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3)}{1 + K_{20}}. \quad (9)$$

Применение корректирующей системы в структуре объединённой системы позволяет решить поставленную задачу, а именно: компенсировать ошибки первого и второго порядка от управляющего воздействия. Это означает, что нет необходимости вводить дополнительные аппаратные затраты в силовую систему, чтобы увеличить её добротность и тем самым минимизировать значения ошибок. Кроме этого, коррекция исходной силовой системы с помощью активного корректора (рис. 2) преследует иную цель, чем это было сформулировано в [2]. В данном случае активный корректор позволяет обеспечить такие запасы устойчивости по модулю и фазе, которые оптимизируют показатели качества в переходных режимах, в частности нулевое перерегулирование.

Список литературы

1. Парамзин А.П. Активная коррекция астатических систем // Вестник ВКГТУ. - 2014. - № 2. - Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2014. - С. 52-57.
2. Новосёлов Б.В. К вопросу улучшения качества силовой следящей системы сигналом по ошибке специальной корректирующей системы // «Электричество». - 1966. - № 8.

Bibliography

1. Paramzin A.P. Active correction of astatic systems // Bulletin EKSTU. - 2014. - № 2. - Ust-Kamenogorsk: EKSTU, 2014. - P. 52-57.
2. Novosyolov B.V. To the issue on improving the quality of the power servo system signal on error of special correcting system // «Electricity». - 1966. - № 8.

Получено 22.01.2015

УДК 620.178.162

Б.К. Рахадиллов, М.К. Рахадиллов, А.Ж. Миниязов, Р.С. Кожанова

Восточно-Казахстанский региональный технопарк «Алтай», г. Усть-Каменогорск,

З.Е. Арингожина, М.Н. Беккалиев, А.А. Советханова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ АЗОТИРОВАННЫХ СЛОЕВ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ

Современное машиностроение характеризуется сложными условиями эксплуатации режущих инструментов, связанными с высоким уровнем действующих напряжений, широким температурным интервалом, агрессивными средами и т.п. Поэтому необходимо соблюдение особых требований к материалам, в частности высокой износостойкости при высоких температурах и долговечности режущих инструментов, из которых они выполнены [1, 2]. В связи с этим, в данной работе изучены износостойкость азотированных образцов быстрорежущей стали при высоких температурах испытания.

Высокотемпературные испытания проводились при температурах 500 °С, 550 °С и 600 °С на высокотемпературном трибометре ТНТ-S-BE-0000 в лаборатории ТМЦКП ТГУ по схеме «шар-диск» в соответствии с Международным стандартом ASTM G 99 (рис. 1) [3]. В качестве контртела использовали шарик диаметром 6,0 мм из сертифицированного материала – Al_2O_3 . Испытания проводили при нагрузке 1 Н и линейной скорости 2 см/сек, радиусом кривизны износа 5 мм, путь трения составлял 31,4 м. Износостойкость оценивалась интенсивностью изнашивания и коэффициентом трения. Значения интенсивности изнашивания в каждой позиции усреднены по результатам тестирования трех образцов.

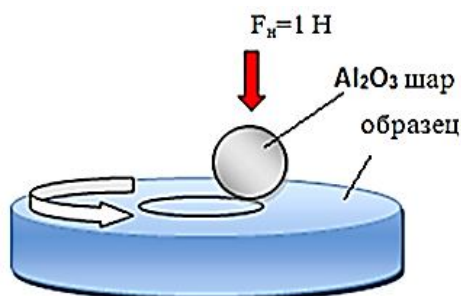


Рисунок 1 - Трибологические испытания по схеме «шар-диск»

Результаты трибологических испытаний при высоких температурах образцов стали Р6М5, прошедших азотирование при температуре 550 °С, представлены на рис. 2 и 3.

На рис. 2 показаны кривые изменения коэффициента трения, глубина проникновения контртела в зависимости от времени трения при испытаниях при температурах 20 °С, 500 °С и 550 °С азотированных образцов стали Р6М5. При высоких температурах наблюдается повышение коэффициента трения. Однако изменение температуры испытания в пределах от 500 до 550 °С практически не оказывает влияния на коэффициент трения.

На рис. 3 показаны кривые изменения коэффициента трения, глубина проникновения контртела в зависимости от времени трения при испытаниях при температуре 600 °С образцов стали Р6М5 до и после азотирования. Повышение температуры испытания до 600 °С приводит к значительному повышению коэффициента трения исходного и азотированного образцов по сравнению с образцами испытанных при комнатной температуре и при 500, 550 °С. При этом коэффициент трения имеет большое значение во время всего процесса испытания, оставаясь по величине на достаточно высоком уровне.

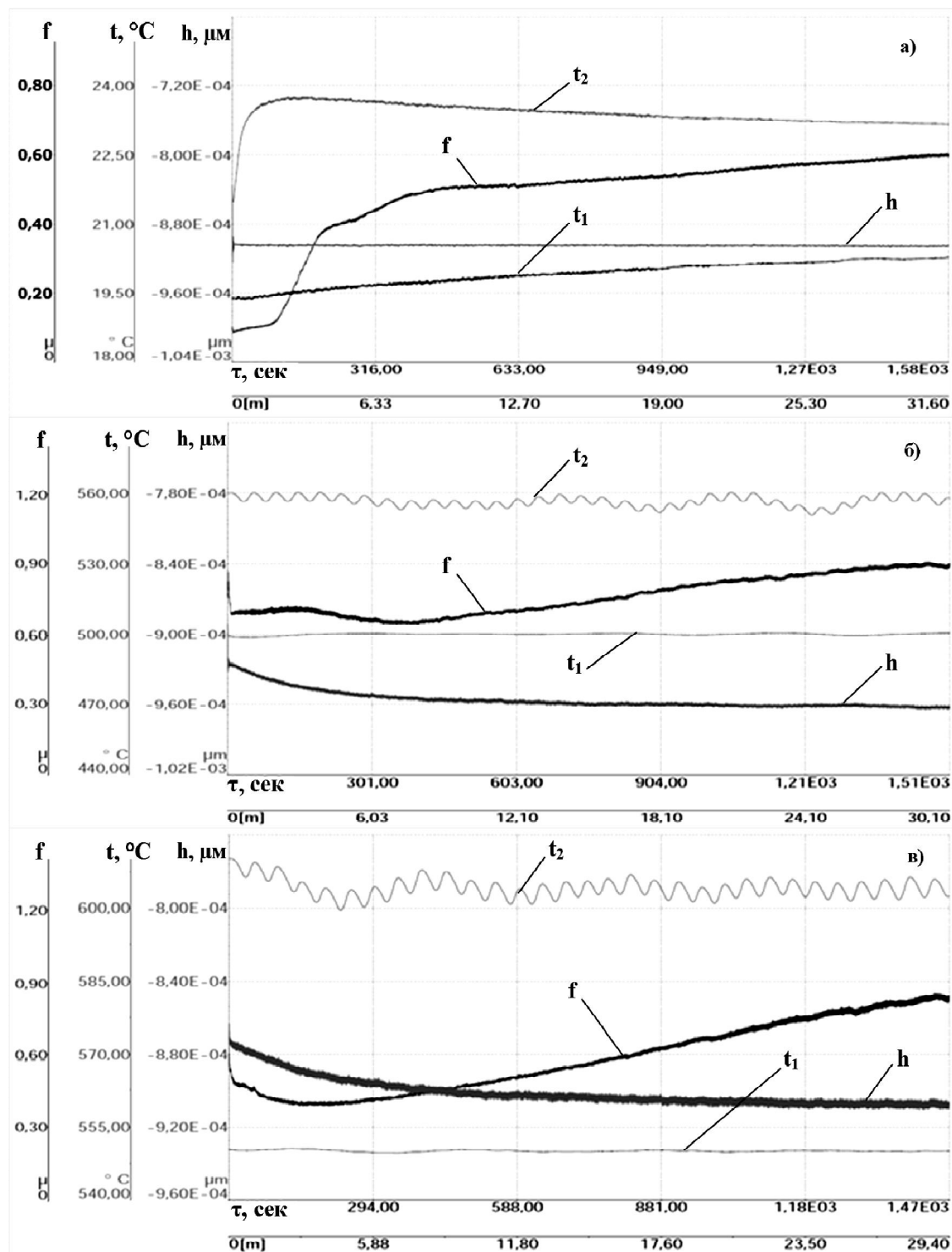


Рисунок 2 - Графики зависимостей коэффициента трения f , глубины проникновения контртела h , температур образца t_1 и печи t_2 от времени трения τ при испытаниях при температуре

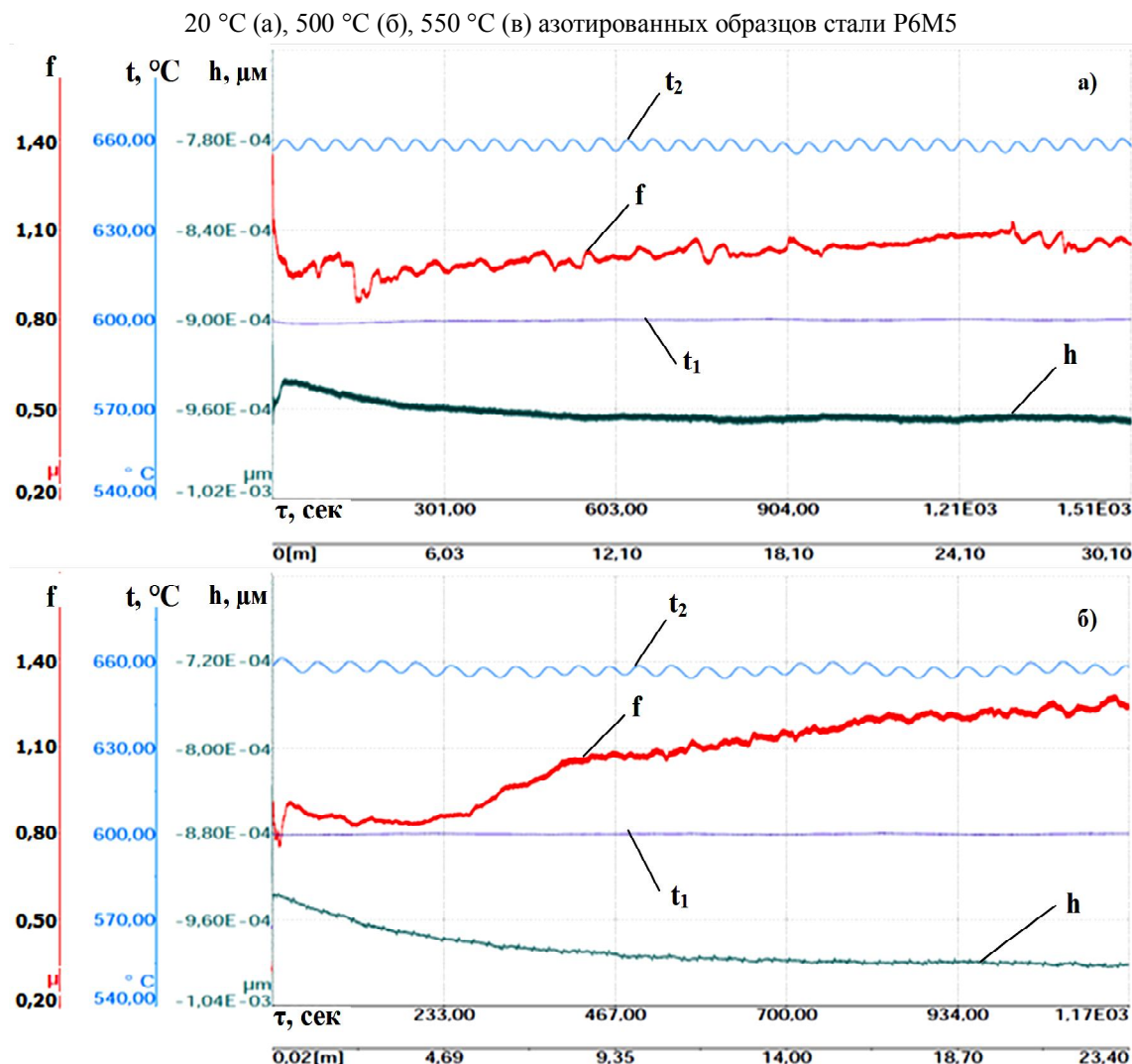


Рисунок 3 - Графики зависимостей коэффициента трения t , глубины проникновения контртела h , температур образца t_1 и печи t_2 от времени трения τ при испытаниях при температуре 600 °C образцов стали Р6М5 до (а) и после (б) азотирования

На рис. 4 приведена зависимость величины интенсивности изнашивания исходных и азотированных образцов стали Р6М5 от температуры испытания. При испытаниях при комнатной температуре интенсивность изнашивания азотированных образцов стали Р6М5 оказалась значительно ниже, чем неазотированных образцов. Интенсивность изнашивания азотированных образцов при испытаниях при 500 °C и 550 °C в среднем имеет значение $3,1 \cdot 10^{-4}$ и $3,5 \cdot 10^{-4}$ мм³/Нм, а при испытании при 600 °C - $6,7 \cdot 10^{-4}$ мм³/Нм. При температурах испытания 500 °C и 550 °C наблюдается заметное увеличение значения интенсивности изнашивания для азотированных и неазотированных образцов. А при температуре испытания при 600 °C наблюдается более значительное увеличение значения интенсивности изнашивания. Снижение износостойкости, а также увеличение коэффициента трения при температуре испытания 600 °C, возможно, связано с процессами, анало-

гичными процессам коагуляции или диффузионного подрастания когерентных частиц нитридной фазы. Так, известно из [4, 5], что при температурах выше 550 °С на поверхностном слое быстрорежущей стали развиваются диффузионные процессы, в результате которых происходят процессы коагуляции специальных карбидов, снижающих твердость, а также окисления поверхности и обезуглероживания.

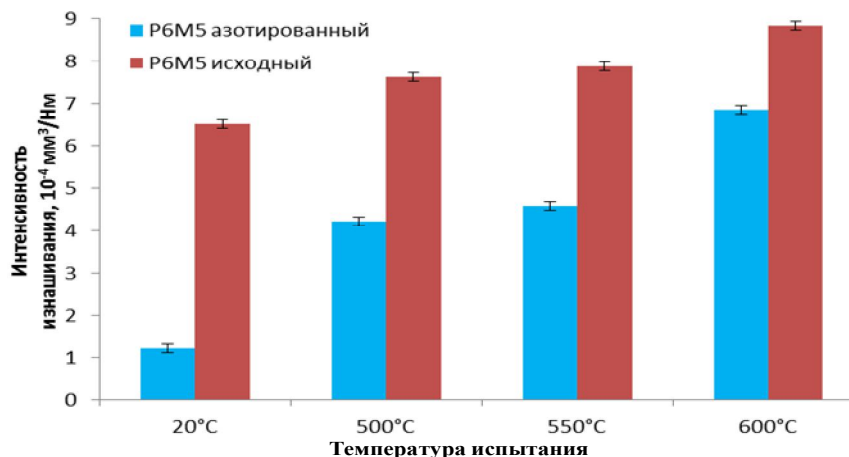


Рисунок 4 – Зависимость интенсивности изнашивания образцов быстрорежущей стали от температуры испытания

Сравнение интенсивности изнашивания и коэффициента изнашивания азотированных слоев для разных температур испытания (500 °С, 550 °С и 600 °С) дает основание заключить, что износостойкость азотированного слоя быстрорежущей стали изменяется в зависимости от температуры окружающей среды, т.е. температуры эксплуатации, и азотированный слой более устойчив до температуры 550 °С. Повышение температуры до 600 °С приводит к снижению износостойкости, а также увеличению коэффициента трения. Можно утверждать, что основным фактором, отвечающим за износостойкость азотированных слоев при высоких температурах, является образование азотистого мартенсита, который обладает большей теплоемкостью по сравнению с железом, и мелкодисперсных нитридных частиц [6, 7].

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки МОН РК по программе «Грантовое финансирование научных исследований».

Список литературы

1. Позняк Л.А. Инструментальные стали. – Киев: «Наукова думка», 1996. – 488 с.
2. Баранчиков В.И. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов / В.И. Баранчиков, А.В. Жариков, Н.Д. Юдина и др. – М.: «Машиностроение», 1990. – 400 с.
3. Виноградов В.Н. Механическое изнашивание сталей и сплавов: Учеб. для вузов / В.Н. Виноградов, Г.М. Сорокин. – М.: Недра, 1996. – 364 с.
4. Гуляев А.П. Инструментальные стали: Справ. / А.П. Гуляев, К.А. Малинина, С.М. Саверина. – М.: Машиностроение, 1975. – 272 с.
5. Артингер И. Инструментальные стали и их химико-термическая обработка: Справ. – М., 1982. – 312 с.
6. Rakhadilov B. Structural and phase transformations in the high-speed steel as a result of electrolytic-plasma nitriding / B. Rakhadilov, M. Skakov, E.G. Batyrbekov, M. Scheffler / International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT). – Vol. 4, Issue 2. – P. 15-19.
7. Skakov M., Rakhadilov B., Karipbayeva G. Specifics of microstructure and phase composition of high-speed steel R6M5/ Applied Mechanics and Materials. – 2013. –

Vol. 404 (2013) – P. 20-24.

Получено 17.02.2015

УДК 66.088

Б.К. Рахадиллов, А.Ж. Миниязов, М.К. Рахадиллов, Р.С. Кожанова

Восточно-Казахстанский региональный технопарк «Алтай», г. Усть-Каменогорск

М.Н. Беккалиев, З.Х. Арингожина

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОГО РАЗРЯДА

Явление нагрева металлических электродов до высоких температур (вплоть до плавления) при пропускании через них электрического тока повышенной плотности обнаружено еще в прошлом веке. Плавное увеличение напряжения на ванне сверх некоторого критического значения приводит сначала к бурному паро- и газовыделению на электроде меньшей площади, что сопровождается снижением средней силы тока. При дальнейшем повышении напряжения вокруг этого «активного» электрода образуется сплошная газовая оболочка, через которую течет стационарный электрический ток, т.е. происходит газовый разряд. Существование этого режима объяснено пленочным кипением жидкости [1, 2].

В последнее время разряд с жидкими электродами нашел широкое применение в химической технологии и в технологии обработки материалов [3]. Нами была поставлена задача изучения энергетических характеристик электролитно-плазменного разряда с жидким электролитическим анодом с целью определения условий зажигания устойчивого разряда в электролите на основе карбимида.

Наибольшее значение в работе уделяется изучению вольт-амперных характеристик (ВАХ) процесса, т.к. наиболее наглядно природа электролитно-плазменного разряда видна при построении вольт-амперных характеристик процесса.

Изучение ВАХ произведено на экспериментальной установке, которая подробно описана в работе [4]. Установка представляет собой электролитическую ячейку, внутри которой расположен анод и конусообразная диэлектрическая перегородка. Анод выполнен в виде перфорированной пластины диаметром 120 мм из стали 12Х18Н9Т [5]. Активный электрод (катод) диаметром 22 мм и длиной 20 мм был изготовлен из стали Р6М5. В образцах стали Р6М5 для контроля температуры делалось отверстие диаметром 3 мм и глубиной 19,5 мм, в котором устанавливалась термопара для измерения температуры активного электрода. Диаметр спая термопары – 1,5 мм. Глубина погружения электрода в электролит составляла 8-10 мм. В процессе электролит находился в циркуляционном режиме, и скорость подачи электролита составляла 3 л/мин. Диаметр отверстия конусообразной перегородки составлял 20 мм, что позволяло создавать разряд только в торцевой поверхности электрода (катада). При этом расстояние от поверхности катада до отверстия составляло 3-5 мм. Вторую термопару помещали в электролит на расстоянии 30 мм от поверхности активного электрода. С ее помощью измерялась температура электролита около активного электрода. Температура электролита, находящегося в ванне, измерялась также ртутным термометром. Для регулирования температуры электролита использовался теплообменник, работающий на проточной воде [5, 6].

Во всех экспериментах регистрировалось напряжение на электродах и средняя сила

тока между ними с помощью стрелочных приборов. При построении ВАХ напряжение изменялось ступенчато с интервалом 10 В. Для каждой величины напряжение контролировалось достижением стационарных показаний амперметра и термопар.

Эксперименты по изучению энергетических характеристик проведены с электролитами, содержащими карбамид и карбонат натрия различных концентраций: 1) 15 % карбамида, 10 % карбоната натрия; 2) 20 % карбамида, 10 % карбоната натрия; 3) 25 % карбамида, 10 % карбоната натрия.

На рис. 1 показаны ВАХ процесса электролитно-плазменного азотирования при активном катоде. Видно, что величина плотности тока для всех концентраций электролита при одинаковых значениях напряжения имеет приблизительно одинаковое значение, т.е. величина тока, проходящего через образец в данном диапазоне концентраций, не сильно зависит от концентрации электролита. По виду ВАХ в электролитах и визуального наблюдения при катодной области можно проследить четыре области. Первая область, в которой величина тока пропорциональна приложенному напряжению, простирается до напряжений 200-220 В. Для данного участка характерно пропорциональное увеличение силы тока при увеличении напряжения. При этом увеличивается и температура электролита, что является следствием прохождения тока через электролит. Температуры электрода и электролита в этой области меньше температуры кипения электролита. Эта область, где температурные градиенты незначительны, и теплота передается естественной конвекцией к свободной поверхности жидкости [7, 8].

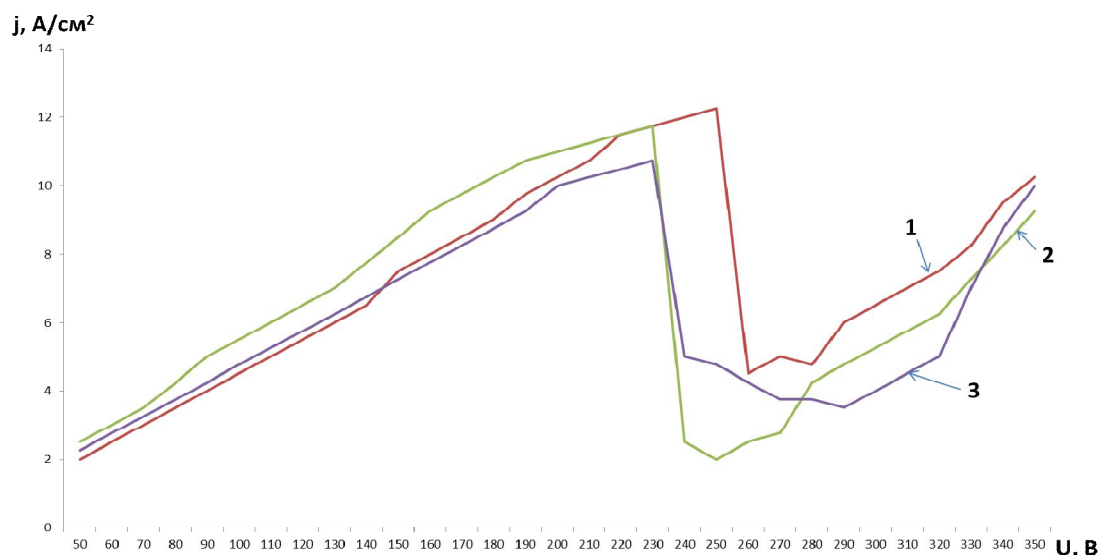


Рисунок 1 - Вольт-амперные характеристики электролитической ячейки (по повышению напряжения) при активном катоде для электролитов с концентрациями карбамида: 15 % (1), 20 % (2), 25 % (3)

При дальнейшем увеличении напряжения на поверхности активного электрода (катода) начинает вскипать электролит, происходит активное выделение пузырьков у поверхности (пузырьковое кипение). Наблюдается более медленное увеличение силы тока вплоть до максимального значения. Эта вторая область характеристики, при которой температура активного электрода достигает температуры кипения воды (100-110 °С).

В конце этой области (230-250 В) происходит резкое уменьшение силы тока при неиз-

менных температурах электрода и электролита. Наступает третья область, характеризующаяся неустойчивостью системы, что связано с бурным кипением электролита и отдельными разрядами в разных точках активного электрода. При этом вблизи поверхности активного электрода создается газопаровая рубашка, толщиной примерно 50-120 мкм [9], изолирующая активный электрод от электролита. Для третьей области характерно исчезновение пузырькового кипения и резкое падение силы тока, вследствие того, что образующаяся газопаровая оболочка имеет большее электрическое сопротивление, чем жидкий электролит. Наблюдается пленочное кипение. Поскольку газопаровая рубашка является менее электропроводной, то основное падение напряжения происходит именно в этой зоне, где и выделяется большее количество тепла. Вследствие образования газопаровой рубашки и прохождения через нее электрического тока образуется низкотемпературная плазма, которая имеет характерный голубой цвет свечения оболочки вокруг детали. Чем ярче голубой цвет горения плазмы, тем больше в ней содержится ионов электролита, и, соответственно, ионов азота [10].

При дальнейшем увеличении напряжения до 320-330 В наблюдается образование аномального разряда, который приводит к более быстрому увеличению силы тока и резкому увеличению температуры электрода вплоть до его плавления. Это четвертая область ВАХ.

На рис. 2 показаны ВАХ для карбамидо-натриевых электролитов, полученные при снижении напряжения. Наблюдается сдвиг вышеописанных областей ВАХ в сторону меньших напряжений. В ВАХ на многих участках ток значительно выше при тех же напряжениях, по сравнению с ВАХ, полученных при повышении напряжения. Протяженность четвертой и третьей области значительно больше, а протяженность первой области, наоборот, меньше. При этом в третьей области наблюдаются участки, в которых ток остается постоянным, и на этих участках обнаружено стабильное горение разряда. Все это связано с нагревом активного электрода в начале процесса за счет больших напряжений, что приводит к нагреву активного электрода и электролита вблизи поверхности активного электрода. Так, в начале процесса температура электролита для всех электролитов составляла 30-35 °С. В процессе она составила 50-60 °С. Таким образом, за счет нагрева электролита появляются благоприятные условия для горения устойчивого разряда до сравнительно низких напряжений.

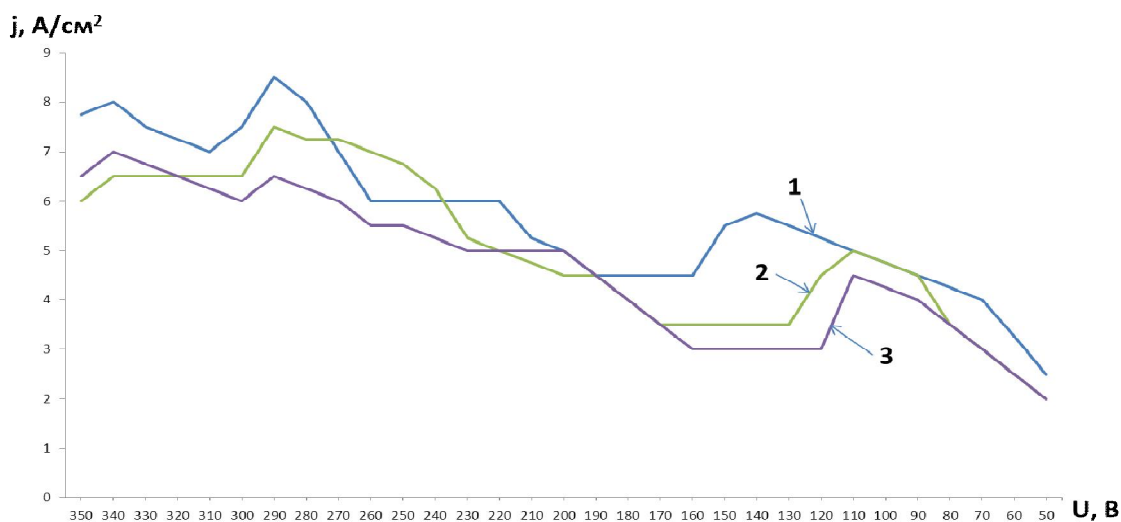


Рисунок 2 - Вольт-амперные характеристики электролитической ячейки (по снижению напряжения) при активном катоде для электролитов с концентрациями карбамида: 15 % (1), 20 % (2), 25 % (3)

На рис. 3 показаны ВАХ для электролита, содержащего 20 % карбамида и 10 % карбоната натрия, полученные при увеличении напряжения с последующим уменьшением. Обнаружено, что снижение напряжения после наступления четвертой стадии - устойчивого аномального разряда с нагретым электродом, приводит к гистерезису в ВАХ процесса электролитно-плазменной обработки. При последующем снижении напряжения область устойчивого горения аномального разряда простирается до существенно более низких напряжений (до 250-260 В), чем это было на четвертой стадии в ВАХ по повышению напряжения. При этом происходит плавное снижение температуры активного электрода. При снижении напряжения до 260 В наблюдается снижение тока и появление пленочного кипения с образованием более стабильной низкотемпературной плазмы (парогазовой оболочки), и она простирается до напряжения 120 В. Это третья область ВАХ. Затем наблюдается резкое увеличение тока и возникновение пузырькового кипения (вторая область). При дальнейшем уменьшении напряжения опять приходим к первой области. Однако, вследствие нагрева электролита, его сопротивление изменяется и обратная ветвь характеристики не совпадает с прямой ветвью.

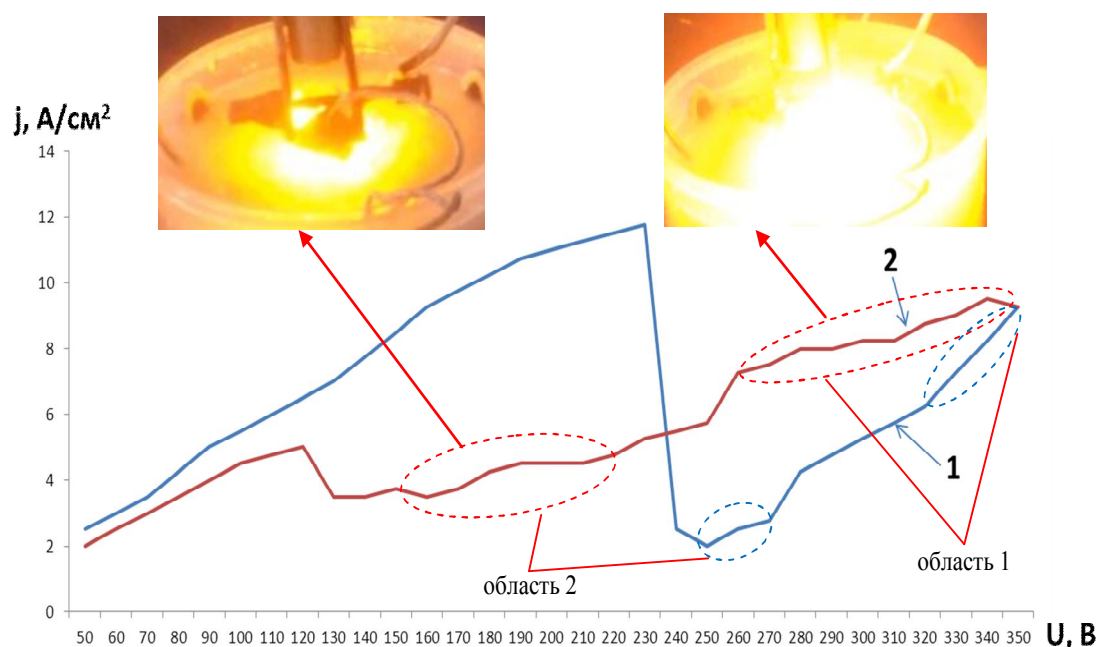


Рисунок 3 - Вольт-амперные характеристики электролитической ячейки при активном катоде для электролита, содержащего 20 % карбамида и 10 % карбоната натрия при повышении (1), с последующим снижением (2) напряжения

Таким образом, в ВАХ при последующем уменьшении напряжения обнаружено увеличение протяженности третьей и четвертой области и уменьшение протяженности первой и второй области. Это связано, в первую очередь, с нагревом активного электрода (катада). Так, в конце процесса при получении ВАХ по увеличению напряжения (четвертая область) активный электрод был нагрет до 400-500 °С за счет воздействия аномального разряда, и в

начале процесса последующего уменьшения напряжения активный электрод претерпевает четвертую область, его нагрев продолжается до наступления третьей области. В третьей области активный электрод за счет пленочного кипения очень медленно остывает, что приводит к увеличению протяженности третьей области. Нагретый электрод в свою очередь будет нагревать электролит вблизи его поверхности. Вследствие нагрева активного электрода и электролита, возможно, уменьшается толщина парогазовой оболочки, что дает благоприятное условие для горения устойчивого разряда с большой протяженностью. При этом в ВАХ можно наблюдать две области, представляющие практический интерес: область 1, характеризующаяся устойчивым интенсивным горением аномального разряда и область 2 устойчивого стабильного (тлеюще-искрового) разряда.

Для того чтобы установить возможность управления электролитно-плазменным разрядом и установить границы рабочих областей, нами были получены ВАХ процесса ЭПА при различных температурах электролита и активного электрода (катода).

На рис. 4 показаны ВАХ при температурах электролита 60, 70, 80 и 90 °С. Из рисунка видно, что с повышением температуры электролита уменьшается протяженность первой и второй области - области нормального электролиза и области пузырькового кипения, протяженность третьей и четвертой области увеличивается. При этом первая и вторая области по виду ВАХ не различаются, их можно выявить визуальным наблюдением. Обнаружено, что при электролитах, нагретых до 70, 80 и 90 °С, процессы третьей области – процессы пленочного кипения, более стабильны и характеризуются большой продолжительностью.

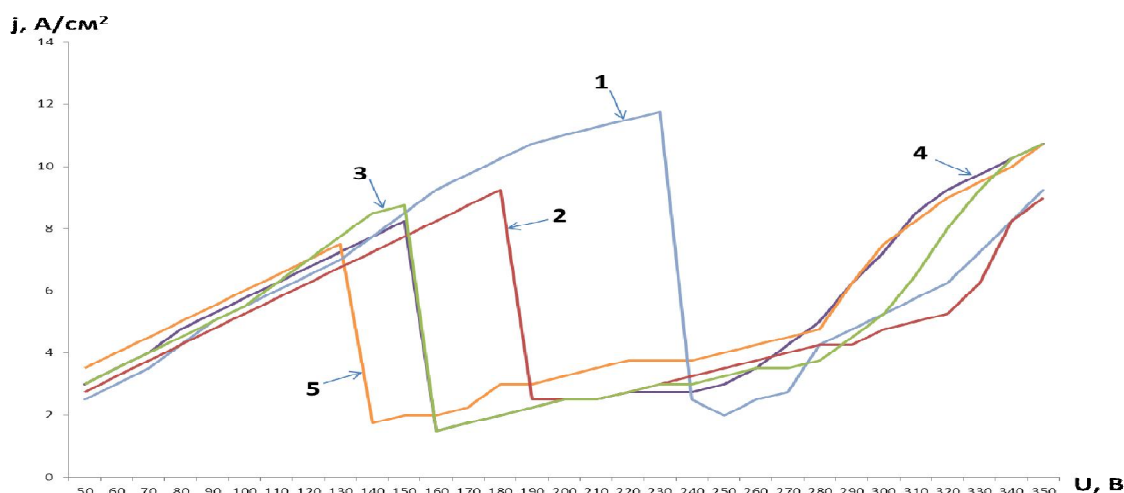


Рисунок 4 - Вольт-амперные характеристики электролитической ячейки при активном катоде для предварительно нагретых до температур 30 °С (1), 60 °С (2), 70 °С (3), 80 °С (4), 90 °С (5) электролитов, содержащих 20 % карбамида и 10 % карбоната натрия

ВАХ, полученные при предварительно нагретом активном электроде (катоде) показали, что процесс очень похож на процесс при нагретом электролите (рис. 5). При предварительно нагретом до 300 °С электроде наблюдается все четыре вышеперечисленные области, а при предварительно нагретом до 500 °С электроде наблюдается только три об-

ласти. При этом процесс начинается с пузырькового кипения (вторая область). Наблюдается увеличение протяженности третьей области, которая является необходимой для проведения процесса насыщения.

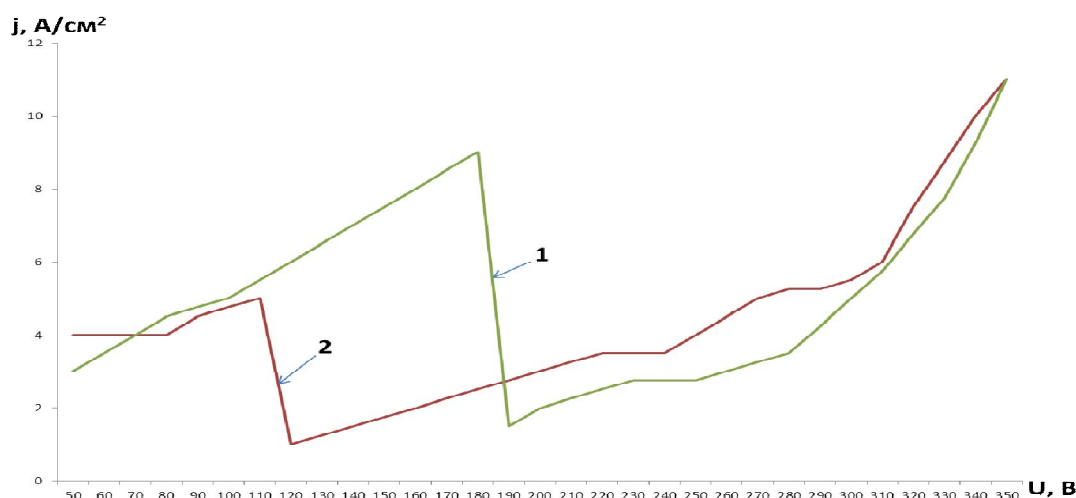


Рисунок 5 - Вольт-амперные характеристики электролитической ячейки при активном катоде для предварительно нагретого до температуры 300 °С (1), 500 °С (2) активного электрода (катада)

Известно, что электролитно-плазменный процесс стабилен при больших значениях напряжения (при 260 и 320 В). В этом случае также не столь существенны отклонения температуры нагрева и трудность управления температурой нагрева, что приводит вплоть до плавления обрабатываемого материала. Из полученных ВАХ при предварительно нагретых электролитах или нагретого активного электрода можно наблюдать такие участки, в которых наблюдается более стабильный разряд при напряжении 140-240 В. Такие стабильные разряды не наблюдаются при предварительном ненагревании электролита или активного электрода. Так, при обычных условиях при низком напряжении до 240 В процесс протекает нестабильно и происходят броски тока. Таким образом, предварительным нагревом активного электрода появляется возможность получения устойчивого стабильного разряда при более низких напряжениях. А получение стабильного разряда при более низких напряжениях является актуальной задачей с точки зрения энергосбережения.

Предполагается, что наблюдаемые стабильные разряды при более низких напряжениях и предварительном нагреве электролитов или активного электрода позволяют проводить химико-термическую обработку поверхности материалов электролитно-плазменным воздействием при более низких температурах (450-550 °С), не ухудшая их шероховатости при низкой энергоемкости.

Таким образом, на основе проведенных исследований определены условия, которые позволяют получить более устойчивый, стабильный разряд. Установлено, что для проведения катодной электролитно-плазменной химико-термической обработки в электролите на основе карбамида необходимо либо предварительно нагревать электролит, либо предварительно нагреть активный электрод с целью получения устойчивого разряда, обеспечивающего равномерное насыщение поверхности.

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки МОН РК по

программе «Грантовое финансирование научных исследований».

Список литературы

1. Плеханов Г.В. Исследование вольт-амперной характеристики электролитно-плазменного разряда // Тезисы докл.: Науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. – Рубцовск, 1998. – С. 88-89.
2. Терентьев С.Д. Исследование «аномального» электролиза в растворах солей и его практическая реализация / С.Д. Терентьев, Г.В. Плеханов // Вузовская наука в современном мире: Тезисы докл. Междунар. науч.-техн. конф. – Рубцовск, 1999. – С. 76-77.
3. Кашапов Р.Н. Исследование плазменно-электролитного процесса обработки // Перспективные материалы. – 2008. – № 5. – С. 466.
4. Рахадиллов Б.К. Высокоэффективная технология электролитно-плазменного азотирования быстрорежущих сталей / Б.К. Рахадиллов, М.К. Скаков // Вестник ВКГТУ. – 2014. – № 1. – Усть-Каменогорск, 2014. – С. 50-55.
5. Рахадиллов Б.К. Оборудование и технология электролитно-плазменного азотирования режущего инструмента / Б.К. Рахадиллов, М.К. Скаков // Материалы X Междунар. конф. «Перспективные технологии, оборудование и аналитические системы для материаловедения и наноматериалов». – Алматы, 2013. – С. 291-297.
6. Инновац. Пат. № 27496 РК, МПК C21D 1/09, C21D 9/24. Способ электролитно-плазменного упрочнения пилообразного режущего инструмента / М.К. Скаков, Б.К. Рахадиллов, А.Е. Жакупова и др. – Оpubл. 15.10.2013, Бюл. № 10.
7. Хомутов О.И. Исследование электролитно-плазменного процесса / О.И. Хомутов, Г.В. Плеханов, С.Д. Терентьев и др. // Ползуновский альманах 1-2. – 2001. – С. 10-19.
8. Терентьев С.Д. Исследование вольт-амперной характеристики электролитно-плазменного разряда / С.Д. Терентьев, Г.В. Плеханов // Вузовская наука в современном мире: Тезисы докл. Междунар. науч.-техн. конф. – Рубцовск, 1999. – С. 118-119.
9. Райзер Ю.П. Распространение разрядов и поддержание плотной плазмы электромагнитными полями // Успехи физических наук. – 1972. – Т. 108. – Вып. 3. – С. 429-461.
10. Мухачева Т.Л. Анодное насыщение сталей азотом и углеродом / Т.Л. Мухачева, И.Г. Дьяков // Электрохимические и электролитно-плазменные методы модификации металлических поверхностей: Материалы II Междунар. науч.-техн. конф. – Кострома: КГУ им. Н.А. Некрасова, 2007. – С. 215-217.

Получено 17.02.2015

УДК 656.014

Е.Е. Сагжанова, А.М. Жандарбекова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

**О ПОВЫШЕНИИ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТОВ
ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА**

В транспортной стратегии Республики Казахстан до 2020 г. [1] одним из основных направлений является развитие автотранспортной инфраструктуры и предоставление населению качественных транспортных услуг. Развитие инфраструктуры пассажирских автобусных перевозок позволит увеличить регулярность сообщений и, тем самым, повысит мобильность населения, что очень важно для развития регионов республики.

Следует отметить, что остановочные пункты (ОП) городского пассажирского транспорта (ГПТ) являются важным элементом транспортной инфраструктуры города, где происходит взаимодействие маршрутной транспортной системы с пассажирами и осуществляется их посадка-высадка в маршрутное транспортное средство, а также взаимодействие нескольких маршрутных транспортных средств, как правило, различных маршрутов [2, 3]. От их параметров и состояния во многом зависит эффективность работы ГПТ.

При этом, важнейшим показателем, характеризующим ОП, является его пропускная способность. Следует отметить, что под пропускной способностью ОП понимается наибольшее число единиц подвижного состава, которое может быть обслужено ОП в течение часа при равномерном прибытии транспортных средств [4],

$$P_{\text{о.п.}} = 3600/t_{\text{о.п.}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{о.п.}}$ - общая продолжительность нахождения одного транспортного средства в зоне ОП, с.

В свою очередь $t_{\text{о.п.}}$ определяется по следующему выражению:

$$t_{\text{о.п.}} = t_1 + t_2 + t_3, \quad (2)$$

где t_1 , t_2 и t_3 - время, затрачиваемое соответственно на маневр заезда на ОП, на посадку и высадку пассажиров, на трогание с места и освобождение ОП, с.

В условиях современного движения ОП становятся существенным фактором, сдерживающим эффективность работы маршрутных систем городов, из-за большого скопления МТС на ОП не обеспечиваются условия безопасной посадки-высадки пассажиров, транспортные средства вынуждены терять время в ожидании свободного места на остановочной площадке [5-7]. Вследствие чего, ОП с недостаточной пропускной способностью создают значительные помехи движению транспортных потоков как в попутном направлении, так и на пересечениях дорог движению и становятся причиной возникновения заторов [1-10]. В этой связи, недостаточная пропускная способность ОП ГПТ является одним из факторов ограничения провозной способности ГПТ.

На основе вышеизложенного можно утверждать, что на сегодняшний день в условиях формирования современной транспортной инфраструктуры пассажирских автобусных перевозок [1] проблема повышения пропускной способности ОП ГПТ становится весьма актуальной.

Значительный вклад в развитие исследований, так или иначе связанных с ОП, в частности расчет пропускной способности, определение оптимального места их расположения и геометрических параметров, повышение качества обслуживания пассажиров, безопасности дорожного движения, внесли ученые и специалисты: А. Ceder (1986), М. Shi и Х. Mahmassani (1994), Л.Л. Афанасьев (1986), М.Д. Блатнов (1981), Е.П. Володин (1982), Ю.Л. Власов (2011), В.Д. Герами (1994), В.В. Грачев (2009), В.А. Гудков (2004), И.П. Димова (2009), И.С. Ефремов (1980), А.В. Зедгенизов (2008), В.И. Рассоха (2011), И.В. Спирин (2003), Г.А. Чернова (2005), М.М. Исхаков (2011), А.А. Кажаяев (2012), О.Н. Ларин (2012), С.А. Аземша (2010), А.В. Липенков (2013), О.А. Лебедева (2013) и многие другие.

Анализ результатов некоторых исследований, применяемых в ближнем и дальнем зарубежье, показывает, что они имеют практическую значимость и могут быть использованы при решении аналогичных проблем перевозочного процесса в городах Казахстана, в частности для г. Семей. При этом особый интерес представляют работы авторов [1, 3-9], где для решения задач, связанных с повышением пропускной способности ОП, предложено описание простоя маршрутного транспортного средства (МТС) в виде функции от ряда факторов, характеризующих: технические характеристики транспортных средств, пассажиропоток на ОП, а также факторы, связанные с организацией перевозочного процесса.

Существуют различные подходы к описанию времени простоя МТС на ОП. В работе [8] предложена следующая функция определения времени простоя МТС на ОП

$$t_{\text{о.п.}} = f(P, T, T_x), \quad (3)$$

где P - группа факторов, характеризующих параметры пассажиропотока на маршруте;
 T - группа факторов, характеризующих технические характеристики транспортных

средств; T_x - группа факторов, характеризующих перевозочный процесс.

В работе [7] к факторам, влияющим на простои в ожидании МТС на ОП, предложено включить человеческий и природно-климатические факторы (рис. 1).

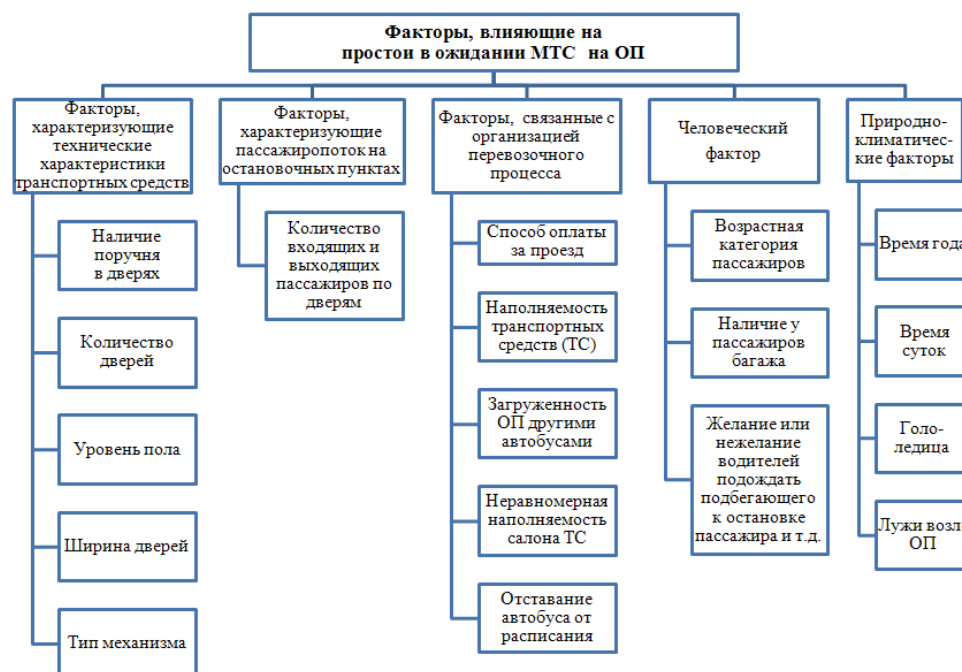


Рисунок 1 - Факторы, влияющие на простои в ожидании МТС на ОП

Анализ работ [1-9] показывает, что из огромного количества факторов, влияющих на время простоев в ожидании МТС на ОП, вытекает многообразие подходов к его описанию (рис. 1). При этом представляет интерес подходы, предложенные авторами Нижегородского технического университета [7], где методика расчета повышения пропускной способности ОП ГПТ отличается от предыдущих тем, что учитывает разнотипность парка подвижного состава и коэффициент эффективности использования мест обслуживания $ПС_{о.п.}$ (ед/час)

$$ПС_{о.п.} = N_m \cdot k_n \frac{3600}{t_{обсл.}}, \quad (4)$$

где N_m – число мест обслуживания; k_n – коэффициент использования соответствующего числа мест, $t_{обсл.}$ – время, затрачиваемое МТС на ОП (прибытие, посадка-высадка, убытие).

По данной математической модели расчета пропускной способности ОП ГПТ авторами работ [7] рассматриваются только две гипотезы комбинации МТС на ОП, учитывающие малый и большой классы автобусов.

Поскольку в г. Семей используются все классы МТС, в ходе данного исследования при расчете пропускной способности наиболее загруженных ОП будут рассмотрены гипотезы комбинации МТС, в которых будут учтены и средний, и особо большой классы автобусов.

Усовершенствованная математическая модель расчета пропускной способности ОП ГПТ имеет следующий вид:

$$PC_{\text{о.п.}} = 3600 \left(\frac{N_1 \cdot k_1}{\max t_1} \cdot P(H_1) + \frac{N_2 \cdot k_2}{\max t_2} \cdot P(H_2) + \dots + \frac{N_s \cdot k_s}{\max t_s} \cdot P(H_s) \right), \quad (5)$$

где H_i - гипотеза комбинации МТС, $P(H_i)$ - вероятность гипотезы H_i , N_i - число мест на ОП при данной комбинации МТС, $\max t_i$ - максимальное время обслуживания для всех типов МТС, входящих в комбинацию.

В ходе данного исследования разработаны алгоритм и программа (средствами языка Delphi) предложенной математической модели, на основе которой появляется возможность провести оценку пропускной способности и дать рекомендации по снижению уровня загрузки ОП городского пассажирского транспорта.

В целом, повышение пропускной способности ОП ГПТ с учетом разнотипности МТС и влияния различных факторов на простои в ожидании МТС на ОП позволяет обеспечить повышение качества транспортного обслуживания населения городов, своевременности, скорости, комфортности и безопасности их передвижении и тем самым способствует развитию автотранспортной инфраструктуры.

Список литературы

1. Транспортная стратегия РК на период до 2020 года / МТК РК, 2008.
2. Ефремов И.С. Теория городских пассажирских перевозок: Учеб. пособие для вузов / И.С. Ефремов, В.М. Кобозев, В.А. Юдин. - М.: Высш. школа, 1980. - 535 с.
3. Спирин И.В. Городские автобусные перевозки: Спр. - М.: Транспорт, 1991.
4. Пугачёв И.Н. Организация и безопасность движения: Учеб. пособие. - Хабаровск: Изд-во Хабар. гос. тех. ун-та, 2004. - 232 с.
5. Гудков В.А. Пассажирские автомобильные перевозки / В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Вельможин и др. - М.: Горячая линия. - Телеком, 2004. - 448 с.
6. Калужный М.В. Моделирование продолжительности простоя транспортных средств на остановочных пунктах маршрута городского пассажирского транспорта // Вестник Донецкого института автомобильного транспорта. - № 2. - 2009. - С. 14-18.
7. Липенков А.В. О подходах к моделированию времени простоя автобусов на остановочных пунктах городского пассажирского транспорта / А.В. Липенков, О.А. Маслова, М.Е. Елисеев // Мир транспорта и технологических машин. - 2012. - № 3. - С.84-93.
8. Липенков А.В. О влиянии месторасположения павильона для пассажиров на пропускную способность остановочного пункта городского пассажирского транспорта // Вестник гражданских инженеров. - 2013. - № 5. - С. 177-183.
9. Матвеева М.В. Имитационная модель маршрута городского пассажирского транспорта / М.В. Матвеева, С.С. Стоянченко, Г.Л. Мозжухина // Тезисы докл. II МНПК «Технология, материалы, транспорт и логистика: перспективы развития». - 2011.
10. Турпищева М.С. Разработка логистической модели пассажирских перевозок методами имитационного моделирования // Вестник Астраханского государственного технического университета. - 2011. - № 2. - С. 83-87.

Получено 23.02.2015

УДК 621. 791

А.Е. Сидоров, Ю.И. Лопухов

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

**УПРОЧНЕНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ШТАМПОВОЙ СТАЛИ 5ХНМ
ПРИ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКЕ**

Сегодня электроэрозионная обработка (ЭЭО) - изменение формы, размеров и шероховатости поверхности заготовки под воздействием самостоятельного электрического разряда в жидкой диэлектрической среде - широко применяется как наиболее эффективный и экономичный, а нередко, и единственно возможный способ изготовления ответственных деталей в индивидуальном, серийном и массовом производствах [1]. При обработке рабочих поверхностей штампов ЭЭО стоимость инструмента не превышает 3,5 %; сокращаются слесарно-доводочные работы на 30-40 %; повышается стойкость оснастки на 40 % [2]. Однако вопросы трансформации структуры на поверхности, упрочнение и повышение качества деталей из штамповых сталей мало изучены. В развитие методов технологии ЭЭО большой вклад внесли: Б.Н. Лазаренко, Н.И. Лазаренко, Б.Н. Золотых, А.П. Александров, А.Л. Лившиц, Е.М. Левинсон, Л.Я. Попилов, В.П. Смоленцев, Н.К. Фотеев и другие ученые.

Основными параметрами ЭЭО являются энергия импульса (или среднее значение силы тока $I_{ср}$, потребляемое от генератора импульсов), длительность импульса t_u (10104 мкс) и частота. Режимы ЭЭО подразделяются на черновой ($I_{ср}=10\div100$ А), чистовой ($I_{ср}=0,5\div5$ А) и доводочный ($I_{ср}$ менее 0,5 А). Главным критерием, определяющим выбор технологических режимов ЭЭО, всегда является максимальная производительность металлообработки (удаление микрообъема материала) при условии получения заданной точности и шероховатости поверхности.

При проведении экспериментов выбирались режимы обработки, при которых было достигнуто необходимое качество при минимальной шероховатости поверхности.

Разрушение металлов электрическими разрядами, возникающими в результате пробоя диэлектрического промежутка между электродами, называют электрической эрозией. Управляемая электрическая эрозия положена в основу нескольких методов обработки, различающихся названиями, технологическими характеристиками, схемами и другими признаками [2].

Рассмотрим простейшую схему процесса удаления металла посредством электрической эрозии. К электродам 1 и 2 (рис. 1,а) подведено напряжение, которое создает электрическое поле в межэлектродном промежутке 3. При сближении электродов до расстояния, достаточного для пробоя межэлектродного промежутка, возникает электрический разряд в виде узкого токопроводящего канала.

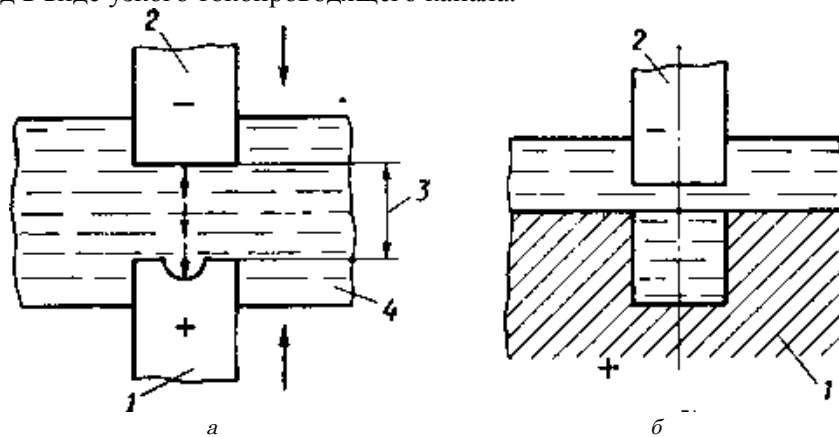


Рисунок 1 - Схема разрушения металла импульсными разрядами электрического тока:
а - начало обработки: 1 - электрод-анод; 2 - электрод-катод; 3 - межэлектродный промежуток;
4 - диэлектрическая жидкость; б - отображение формы катода в аноде после обработки

Для повышения интенсивности разряда электроды погружают в диэлектрическую жидкость 4 (керосин, минеральное масло и др.). На поверхности электродов имеются микронеровности различной величины. Напряженность электрического поля будет наибольшей между двумя наиболее близкими друг к другу выступами на поверхностях электродов, поэтому именно здесь происходит нарушение электрической прочности жидкости и возникает электрический пробой промежутка. Образуется плазменный канал разряда (рис. 2).

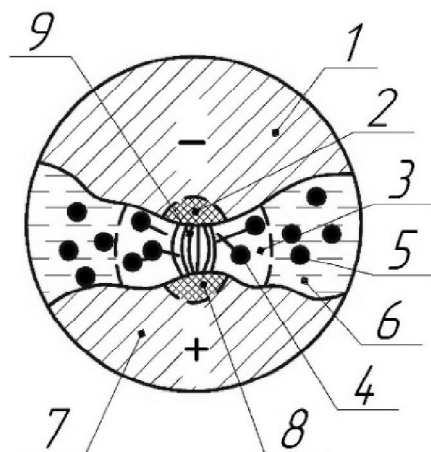


Рисунок 2 - Схема разряда между электродами: 1 - катод; 2 - лунка на поверхности катода; 3 - газовый пузырь; 4 - расплавленные частицы металла; 5 - застывшие частицы металла; 6 - рабочая жидкость; 7 - анод; 8 - лунка на поверхности анода; 9 - канал разряда

Благодаря высокой концентрации энергии в зоне разряда развивается температура в тысячи и десятки тысяч градусов. Металл на поверхности электродов плавится и испаряется. Капли расплавленного металла в результате движения потока жидкости в рабочей зоне в виде ударной волны выбрасываются за пределы электродов и застывают в окружающей жидкости в виде мелких частиц сферической формы [2]. При электрическом разряде в жидкости возникает газовый пузырь, который расширяется и своими стенками также захватывает и выносит частицы металла из межэлектродного промежутка. Для стабильного протекания процесса частицы удаляются благодаря непрерывной прокачке рабочей жидкости [3].

ЭЭО инструментальной штамповой стали 5ХНМ после объемной закалки проводили медным электродом на копировально-прошивочном станке 4Е723 [4]. Чистовая обработка с максимальной шероховатостью Ra 0,63 мкм велась при частоте тока 44 кГц, средней силе тока 10 А и напряжении 25 В.

Для металлографических исследований поверхности обработанного материала были подготовлены шлифы стали 5ХНМ.

Исследования поверхности стали проводили на растровом (сканирующем) электронном микроскопе JSM-6390LV производства компании «JEOL Ltd.» с системой энергодисперсионного микроанализа INCA Energy компании «OXFORD Instruments Analytical Limited», а также на настольном сканирующем электронном микроскопе низкого вакуума Phenom ProX. Фазовый анализ поверхности проводили на рентгеновском дифрактометре X'Pert PRO. Микротвердость инструментальной стали 5ХНМ после ЭЭО исследовали на

приборе МЕТ-Д1А.

Проводился анализ образца, содержащего две фазы. В состав образца входят никель, хром и молибден. Требовалось узнать их распределение между фазами образца. Для этого на образце-этalone (чистый никель) регистрируется уровень рентгеновского излучения для длины волны, соответствующей какой-либо из спектральных линий никеля. Затем регистрируется интенсивность излучения от образца на этой же длине волны от анализируемой фазы. Отношение этих двух величин дает оценку концентрации (%) никеля в данной фазе сплава. Аналогично проводятся измерения для каждого элемента на каждой фазе сплава [1].

Микрорельеф обработанной электроэрозионной поверхности представляет собой результат наложения друг на друга лунок [2], образованных под действием единичных электрических разрядов, разрушающих материал заготовки (рис. 3).

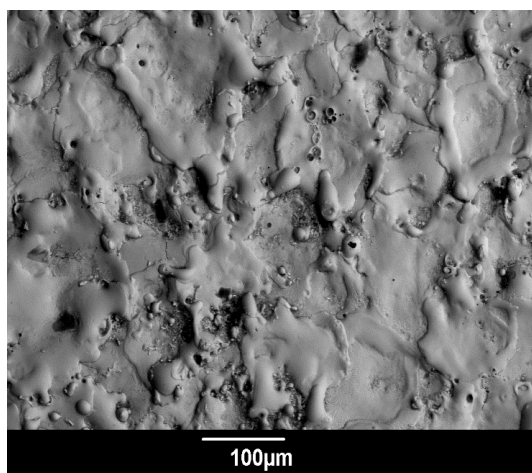


Рисунок 3 - Микрорельеф поверхности стали 5XNM после первого чернового прохода электроэрозионной импульсной обработки

Исследования показали, что после ЭЭО в среде жидких углеводородов (керосин, масло) на поверхности стали образуется устойчивый белый слой толщиной 18...40 мкм, насыщенный углеродом. Наличие в нем цементита Fe_3C (рис. 4) свидетельствует о дополнительном насыщении углеродом из жидкой углеродсодержащей среды и сверхкритическом интенсивном теплоотводе зоны разряда через прилегающие к ней массы холодного металла и рабочую жидкость [2].

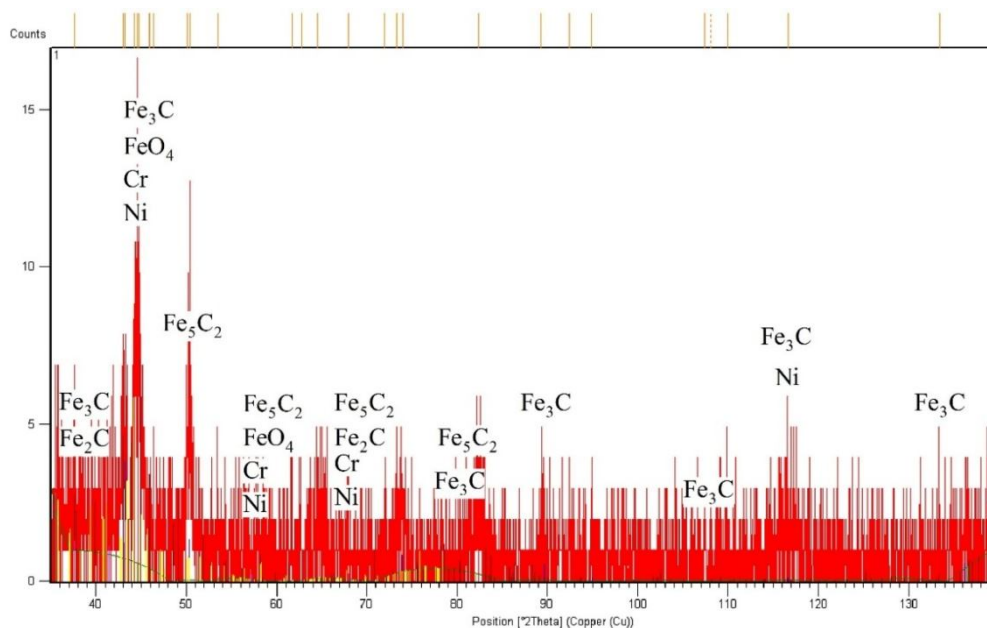
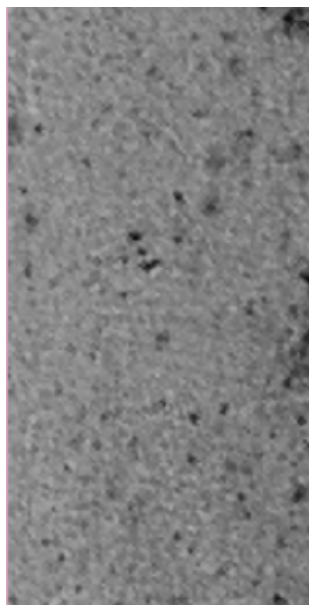


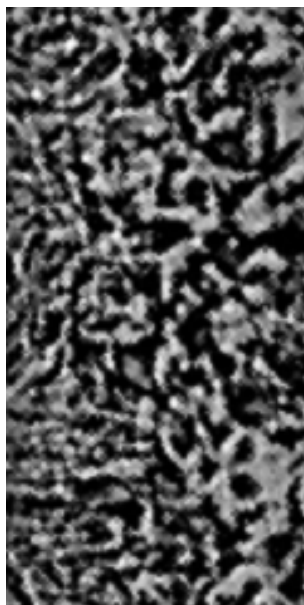
Рисунок 4 - Фазовый состав белого слоя стали 5XNM после ЭЭО

При этом создаются условия для сверхскоростной закалки, что одновременно с науглероживанием приводит к образованию очень твердого поверхностного слоя.

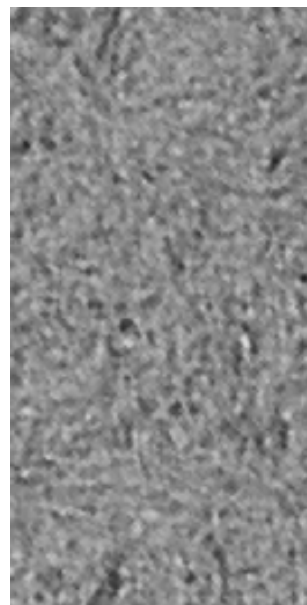
Измерение микротвердости [5] обработанной ЭЭО поверхности показало, что белый слой со структурой цементита толщиной 18...40 мкм обладает твердостью 1527 HV, второй слой толщиной 16...20 мкм со структурой игольчатого мартенсита - 785 HV и последующий закаленный металл со структурой мартенсита отпуска - 542 HV (рис. 5, 7). Результаты измерений приведены в таблице.



a



б



в

Рисунок 5 - Трансформация структуры стали 5ХНМ после ЭЭО. ×1300:
а) цементит; б) игольчатый мартенсит; в) мартенсит отпуска

Параметры измерений микротвердости стали 5ХНМ после ЭЭО

X, мм	Y, мм	H Длина	V Длина	Средняя длина	Твердость (HV)
0,01	0	11,8522	10,1887	11,0204	1526,97
0,02	0	17,4079	16,0378	16,7228	663,144
0,05	0	18,7042	16,2265	17,4653	607,958
0,08	0	17,7782	17,7359	17,7571	588,145
0,11	0	19,0746	17,9246	18,4996	541,881

На рис. 6 видно, что отпечатки алмазной пирамидки, вдавливаемой в поверхностный белый слой, значительно меньше, чем отпечатки в последующих слоях при одинаковой нагрузке.

Итак, установлено, что на поверхности стали образуется устойчивый белый слой, насыщенный углеродом, а также ненаправленная шероховатость, что позволяет повысить стойкость штамповой оснастки на 40 %.

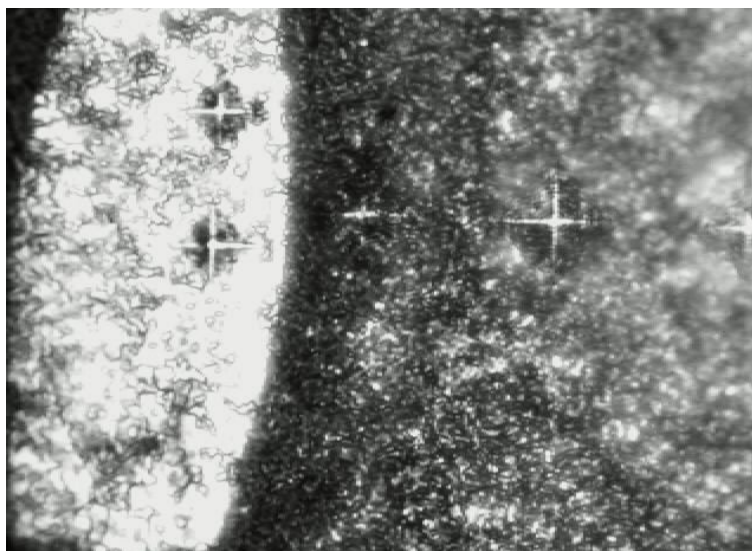


Рисунок 6 – Вид отпечатков вдавливаемой алмазной пирамидки в поверхностный белый слой; второй переходный слой; основной металл закаленной стали 5ХНМ

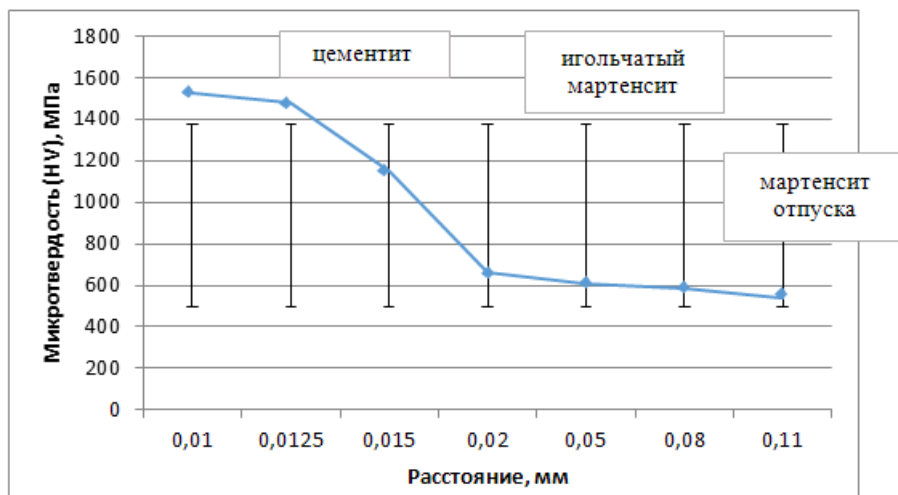


Рисунок 7 - Значение микротвердости после ЭЭО в поверхностных слоях стали 5ХНМ

Таким образом, изучив общие закономерности влияния ЭЭО на трансформацию структуры инструментальной штамповой стали 5ХНМ, установили:

– После ЭЭО стали образуется поверхностный белый слой со структурой цементита Fe_3C толщиной 18...40 мкм, обладающий твердостью 1527 HV.

– Микрогеометрия обработанной поверхности с ненаправленной шероховатостью способствует удержанию тонкого слоя масла благодаря образуемым лункам. Это приводит к повышению износостойкости рабочей поверхности штамповой оснастки.

– На чистовом проходе получена шероховатость Ra 0,63 мкм при частоте тока 44кГц, средней силе тока 10А и напряжении 25В.

Список литературы

1. Плошкин В.В. Структурные и фазовые превращения в поверхностных слоях сталей при электроэрозионной обработке: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.16.01. Москва, 2006. – 281 с.
2. Биряков Б.Н. Электрофизические и электрохимические методы размерной обработки. – М.: Машиностроение, 1981. – 128 с.
3. Фотеев Н.К. Технология электроэрозионной обработки. – М.: Машиностроение, 1980. – 184 с.
4. Марченко В.Л. Справочник конструктора штампов. Листовая штамповка / В.Л. Марченко, Л.И. Рудман. – М.: Машиностроение, 1988. – 496 с.
5. ГОСТ 9450-76. «Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников».

Получено 25.02.2015

по страницам



ВСЛЕД ЗА СОЛНЦЕМ

Солнечная электроэнергетика перспективна не только в тропических странах, убеждены специалисты пензенской компании «Энергосистемы», разработавшие первую в России систему автоматической ориентации солнечных батарей «Юст». При помощи модуля спутниковой навигации система определяет собственные координаты и вычисляет положение светила в каждый момент времени. Эти данные используются для управления трекером - устройством, задающим положение солнечных батарей. Посредством двух электромоторов трекер непрерывно наклоняет и поворачивает батарейную панель так, чтобы лучи всегда падали на неё перпендикулярно независимо от времени года и дня. В средних широтах это позволяет поднять производительность солнечной энергосистемы примерно на 45 % в сравнении со стационарной, а в высоких даже более. В состав системы входит автономная метеостанция, помогающая избежать повреждений батареи в непогоду. Так, если скорость ветра возрастёт до 19,5 м/с, трекер автоматически переведёт панель в горизонтальное положение, чтобы её не сорвало. Благодаря этому заявленная ветроустойчивость конструкции достигает 39 м/с. Когда шквал утихнет, батарея вновь сориентируется оптимальным образом по отношению к солнцу. Когда на улице валит снег, льёт ледяной дождь или сыплет град, система на это время ставит солнечный модуль вертикально и ориентирует его ребром к ветру. Каждый трекер справляется с солнечной батареей площадью до 108 м² и массой до 1300 кг. При этом электроника позволяет одновременно ориентировать до 64 трекеров через один блок управления, а сами блоки коммутируются и синхронизируются между собой в единую систему без ограничений. Таким образом, при помощи пензенской разработки можно управлять любой солнечной электростанцией - от одного модуля и до бесконечности. Электропитание системы управления и электромоторов обеспечивают сами солнечные батареи.

«Наука и жизнь» № 1, 2015