

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

# ИНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В XXI ВЕКЕ

Материалы Республиканской  
научно-практической конференции  
молодых ученых и студентов

*24–25 мая 2018 года*

В 2 частях

Часть 2

Минск  
БНТУ  
2018

УДК 377.091.3(06)  
ББК 74.57я43  
С56

Редакционная коллегия:

*С. А. Иващенко (гл. редактор), Е. Е. Петюшик, А.А. Дробыш,  
Е. П. Дирвук, Т. Н. Канашевич, В. М. Комаровская, Т. В. Шершнёва*

В сборнике рассматриваются вопросы современного состояния инженерно-педагогического образования в Республике Беларусь, анализируются актуальные педагогические, методические и психологические задачи в системе профессионального образования и пути их решения. Представлены некоторые разработки в области техники и технологии новых материалов.

**ISBN 978-985-583-223-3 (Ч. 2)**  
**ISBN 978-985-583-224-0**

© Белорусский национальный  
технический университет, 2018

## СЕКЦИЯ «МЕТОДОЛОГИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

УДК 372.8

Адамович В. В.

### РОЛЬ И ЗНАЧИМОСТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ В МЕТОДИКЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Зуенок А. Ю.*

Основная задача образования заключается в формировании личности специалиста, способного к саморазвитию и самообразованию. Решение этой задачи, скорее всего невозможно только путем передачи знаний в готовом виде от преподавателя к студенту. Необходимо перевести обучающегося из потребителя знаний в их творца, способного сформулировать проблему, поставить задачи, проанализировать пути решения и провести самоанализ.

Под самостоятельной работой следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности обучающегося как в учебной аудитории, так и вне её, в контакте с преподавателем и в его отсутствии.

Формой самостоятельной работы следует считать самообразование – добровольную деятельность, нацеленную на получение знаний в процессе самостоятельной работы без помощи преподавателя.

Применяемое в Европе понятие *self-directed learning* – учение с самостоятельным определением целей и американские термины-аналоги *autonomous learning* – автономное учение, *independent learning* – самостоятельное учение связаны с разной степенью самоорганизации учащегося. Высшая степень – автономия – рассматривается, как способность обучающегося самостоятельно определять, цели и средства их достижения.

Учащиеся осуществляют эту работу в центрах самостоятельного доступа к материалам (медиаотеках, библиотеках).

Важно понимать, что если обучающемуся дается возможность учиться, используя в режиме самостоятельного доступа подготовленную преподавателем или экспертом информацию, то обучающемуся отводится роль «пассивного наблюдателя», у него создается впечатление, что самостоятельное изучение возможно только при наличии подготовленного материала. Учащийся должен самостоятельно выбирать учебные материалы. Данный подход подразумевает свободу выбора и использование аутентичных материалов. Внешними признаками самостоятельности студентов являются планирование ими своей деятельности, выполнение заданий без участия педагога, контроль за ходом работы и последующее анализ и корректирование.

Задачи самостоятельной работы могут быть следующие:

- качественное усвоение учебного материала;
- выработка умений и навыков учебной деятельности;
- формирование познавательных способностей студентов и интереса к изучаемому материалу;
- формирование готовности к самообразованию;
- формирование самостоятельности как качества личности.

Самостоятельная работа студента - это особым образом организованная деятельность, включающая в свою структуру такие компоненты, как:

- уяснение цели и поставленной учебной задачи; четкое и системное планирование самостоятельной работы;
- поиск необходимой учебной и научной информации;
- освоение собственной информации и ее логическая переработка;
- использование методов исследовательской, научно-исследовательской работы для решения поставленных задач;
- представление, обоснование и защита полученного решения;
- проведение самоанализа и самоконтроля.

## **СРОКИ РАЗРАБОТКИ ПРОТИВ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Дробыш А. А.*

В настоящее время вопрос качества поставляемого программного обеспечения является как никогда актуальным. С ростом количества разработчиков, готовых предоставить потребителям готовую продукцию, интерес в как можно раннем выходе программного обеспечения на рынок возрастает. Это обуславливается тем, что ключевым фактором для заказчиков является как можно более ранний вывод продукции на рынок, чтобы успеть заработать на продажах программы потребителям. Поспешность при разработке позволяет уложиться в более маленькие сроки, но в конечном итоге приводит к еще большим затратам времени и средств на исправление ошибок и реинжиниринг кода.

Довольно крупные коллективы разработчиков, как правило, ошибаются уже в период формирования технического задания. Несмотря на стандартную технологию разработки программного обеспечения, заказчики часто сокращают сроки, принуждая разработчиков к отказу от процесса отладки написанного кода. Следовательно, дебаггинг поручается тестировщикам, берущимся за работу после собрания всех модулей воедино.

Еще одной ошибкой является пренебрежение анализом предоставляемых заказчиком и исполнителем требований к будущей продукции. Неполное понимание целей, которые преследует заказчик, ведет к сдаче низкосортной программы, имеющей серьёзное количество дефектов и ошибок.

Методики, оказывающие положительное воздействие на качество ПО и не создающие слишком высокую нагрузку или проблемы для сроков разработки:

### 1. Анализ требований:

Анализ требований до реализации программного обеспечения помогает продумать и преодолеть возможные расхождения и разногласия, которые могут возникнуть в течение разработки продукта.

### 2. Анализ и сквозной контроль кода:

Эта методика помогает в повышении качества кода и дизайна, а также в устранении возникших дефектов. Кроме того, она позволяет всем разработчикам быть в курсе работы друг друга, облегчает передачу работы и повышает осведомленность группы в различных аспектах разработки программного обеспечения.

### 3. Сессионное тестирование:

Сессионное тестирование (SBTM) – метод управления исследовательским тестированием, при котором процесс тестирования разбивается на сессии определенной длины. Таким образом, сессионное тестирование представляет собой смешение формального и инновационного тестирования, так как дает простор исследованию и интуиции.

### 4. Тестирование, основанное на рисках

Подход к тестированию с целью минимизирования уровня проектных рисков и информирования заинтересованных лиц о текущем состоянии рисков с начальных стадий проекта. Подразумевает под собой управление процессом тестирования, исходя из идентифицированных рисков продукта. Проводится после каждого основного релиза. Методика позволяет убедиться, что изменения не нарушили важные функции и не привели к еще более существенным рискам.

Каждая компания-разработчик желает занять свою нишу на рынке, поэтому старается поставлять максимально качественный продукт. Однако, довольно часто из-за давления со стороны руководства или заказчика, качеством приходится поступиться ради сроков разработки.

## **РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ В МЕТОДИКЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ИНФОРМАТИКИ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Зуенок А. Ю.*

В настоящее время информатика один из немногих инновационных и востребованных предметов, делающих школу современной, приближенной к жизни и запросам общества.

Задачей преподавателя на уроках информатики является формирование у учащихся информационной компетентности – одного из основных приоритетов в современном общем образовании, который носит общеучебный и общеинтеллектуальный характер.

При использовании традиционной методики преподавания вся нагрузка ложится на учителя, нагрузка учащихся минимальна в плане учебной деятельности. Приходится искать более новые методы, средства, более совершенную, чем традиционная методика преподавания, какую-либо из развивающих, личностно-ориентированных технологий обучения, технологий на основе активизации учебной деятельности учащихся. Одна из таких технологий обучения – это проблемное обучение. Проблемное обучение является результатом достижения передовой практики и теории обучения и воспитания, сочетается с традиционным типом обучения, является общепризнанным эффективным средством общего и интеллектуального развития учащихся.

В наши дни под проблемным обучением понимается такая организация учебных занятий, которая предполагает создание под руководством учителя проблемных ситуаций и активную деятельность учащихся по их разрешению, в результате чего и происходит творческое овладение профессио-

нальными знаниями, навыками, умениями и развитие мыслительных способностей.

Сущность проблемного обучения заключается в том, что учитель не просто сообщает конечные выводы науки, а делает учащихся как бы участниками научного поиска: поставив вопрос, он вскрывает внутренние противоречия, возникающие при его решении; рассуждая вслух, высказывает предположения, обсуждает их, опровергает возможные возражения, доказывает истину.

В основе концепции проблемного обучения положена теория мышления, как продуктивного процесса. В современной Беларуси в условиях относительной либерализации системы образования получили возможность своего развития и воплощения на практике различные педагогические технологии, концепции и методы обучения.

В основе проблемного обучение положено создание особого вида мотивации – проблемной. Поэтому технология требует адекватного конструирования дидактического содержания материала, который должен представляться как цепь проблемных ситуаций.

Сама логика научных знаний в генезисе представляет логику проблемных ситуаций. Проблемные ситуации могут быть различными по содержанию неизвестного, по уровню проблемности, по виду рассогласования информации, по другим методическим особенностям.

Источником педагогической проблемной ситуации являются активизирующие действия, вопросы учителя, подчеркивающие новизну, важность, красоту и другие отличительные качества объекта познания. Но при этом само создание психологической проблемной ситуации сугубо индивидуально. Познавательная задача должна быть ни слишком трудной, ни слишком легкой, иначе она не создаст проблемной ситуации для обучающихся.



**ИГРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБУЧЕНИИ***БНТУ, г. Минск**Научный руководитель: ст. преподаватель Зуенок А. Ю.*

Под «игровыми технологиями» в педагогической науке понимается достаточно обширная группа методов и приемов организации педагогического процесса в форме различных педагогических игр. В отличие от игр вообще «педагогическая игра» обладает существенным признаком – четко поставленной целью и соответствующим педагогическим результатом, которые могут быть обоснованы, выделены в явном или косвенном виде и характеризуются учебно-познавательной направленностью. Игровая форма занятий создается на уроках при помощи игровых приемов и ситуаций, выступающих как средство побуждения, стимулирования к учебной деятельности.

В современной системе образования, делающей ставку на активизацию и интенсификацию учебного процесса, игровая технология используется в следующих случаях:

- в качестве самостоятельных технологий для освоения понятия, темы и даже раздела учебного предмета;
- как элементы (иногда весьма существенные) более обширной технологии;
- в качестве технологии занятия или его фрагмента (введения, объяснения, закрепления, упражнения, контроля);
- как технологию внеклассной работы.

Реализация игровых приемов о направлениям:

- в качестве мотивации вводится элемент соревнования, который переводит педагогическую задачу в игровую;
- педагогическая цель ставится в форме игровой задачи;
- учебная деятельность подчиняется правилам игры;
- учебный материал используется в качестве средства игры;

– успешное достижение педагогической цели связывается с результатом игры.

Эффективность игровых методов обусловлена такими дидактическими свойствами игры, как:

– двойственность – сочетание условности и реальности в игровой ситуации (подключается воображение, творческое сознание);

– неопределенность исхода – возможность для игрока влиять на ситуацию, то есть актуализируются возможности игрока – переходит из потенциального состояния в актуальное;

– добровольность – способствует росту внутренней организованности;

– полифункциональность – воспроизведение особенностей различных видов деятельности и расширение возможностей варьирования условий развития личности.

Классификация игр в учебном процессе:

– по структуре: игры-упражнения, игры-соревнования (конкурсы), ролевые игры.

– по характеру познавательной деятельности: игры-восприятия, репродуктивные, игры-осмысление, поисковые игры, закрепления, контрольные.

– по степени самостоятельности: различные типы дидактических игр.

В отличие от игр вообще педагогическая игра обладает существенным признаком – четко поставленной целью обучения и соответствующим ей педагогическим результатом, которые могут быть обоснованы, выделены в явном виде и характеризуются учебно-познавательной направленностью.

Наряду с педагогической или дидактической игрой существует понятие обучающая игра. «Обучающая игра» – термин до некоторой степени тавтологичен.

Игра и учение – единый умственный процесс, и педагог-профессионал всегда ведет урок в игровой атмосфере. Обучающие игры имеют ряд правил:

– они не должны содержать слишком много информации (даты, имена, правила, формулы, иначе они перестают быть играми;

– должны расширить мышление детей, поощрять инициативу;

– должно быть больше самостоятельности, воображения, творчества.

В каких же моментах обучающая игра не только полезна, но и необходима?

Во-первых, для активизации и формирования коммуникативных отношений, особенно в начале учебного года.

Во-вторых, для преодоления порога познания, когда встречаются трудные темы, для их лучшего усвоения используются обучающие игры (парадоксы, головоломки, игры на аналогию и т.д.), которые позволяют уйти от старых стереотипов и искать новые способы решения задач.

Характеризуя учебные игры, необходимо отметить их особенности:

– педагог действует совместно с детьми в роли одной из играющих сторон;

– педагог находится в роли наблюдателя или болельщика;

– педагог участвует в игре в роли ведущего, арбитра, эксперта, консультанта.

Оптимальность использования игры может быть определена следующими условиям, если: происходит включение познавательной активности, ситуация успеха в учебной игре является предпосылкой познавательной активности.

## РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ

*УО «ГГУ им. Ф. Скорины», г. Гомель*

*Научный руководитель: канд. физ.-мат. наук, доцент Жадан М. И.*

В ходе работы было создано многофункциональное веб-приложение состоящие из Front-End части, разработанной при помощи фреймворка Angular, Back-End части созданной на платформе ASP.NET Core и базы данных MS SQL Server. В приложении создана маршрутизация, имеется валидация вводимых пользователем данных.

При запуске приложения пользователь попадает на страницу авторизации. На ней пользователь может войти под уже существующим аккаунтом или зарегистрировать новый, который отправиться на подтверждение администратору. После авторизации пользователь попадает на главную страницу приложения (рисунок 1). На ней пользователю предоставляется информация о категориях существующих на данный момент. В правом верхнем углу страницы располагается меню.

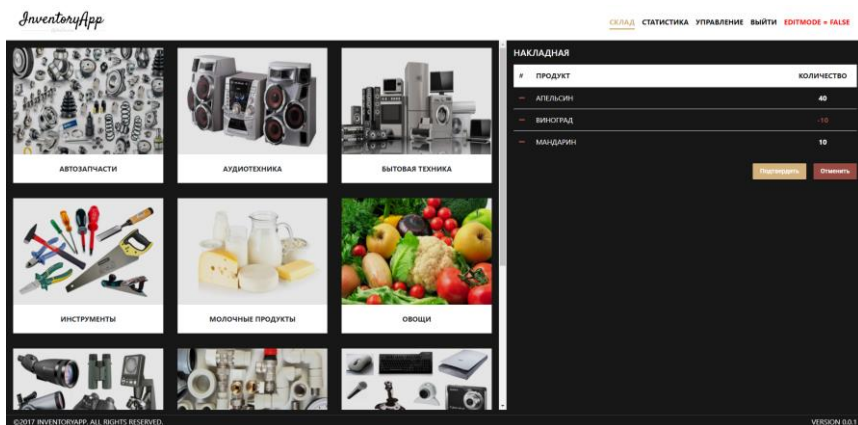


Рисунок 1 – Главная страница веб-приложения

При выборе категории пользователю отображаются продукты в данной категории с датой последнего изменения. В правой части экрана располагается накладная. В приложении реализована возможность добавления или удаления продуктов из накладной, а также подтверждения и сохранения данных, которое повлечет за собой перерасчет количества товара на складе. При выборе определенного товара, осуществляется переход на страницу с подробной информацией о товаре. Для редактирования товара необходимо выбрать соответствующий пункт меню. При переходе по страницам режим редактирования не сбрасывается, позволяя редактировать все элементы. Для выхода из режима редактирования необходимо выбрать соответствующий пункт меню, после чего все данные будут сохранены на сервере.

На странице управление приложением можно так же осуществлять редактирование данных (рисунок 2).

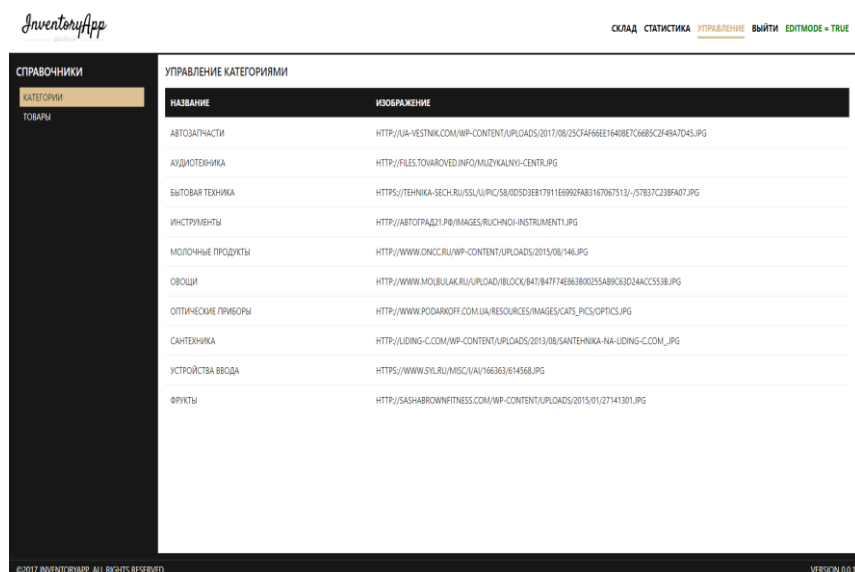


Рисунок 2 – Страница управления приложением

Разработанное веб-приложение создано для автоматизации и повышения удобства управления складом.

## **КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАМОТНОСТЬ И ИНФОРМАЦИОННАЯ КУЛЬТУРА ОБУЧАЮЩИХСЯ В УССО**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Зуенок А. Ю.*

Ведущая роль в формировании информационной культуры личности, возложена на образовательные учреждения.

Только образовательные учреждения в ряду других социальных институтов, в соответствии с существующим законодательством в образовательной сфере, способны оказывать ежедневное влияние на каждого учащегося, обеспечивая систематическую работу по его информационной подготовке.

В УССО информационную подготовку учащихся призваны осуществлять все преподаватели в рамках преподаваемых учебных дисциплин.

Неоспоримыми преимуществами преподавателя в деле информационной подготовки учащихся является систематический характер воздействия на учащихся, обусловленный регулярностью учебных занятий, знание психолого-педагогических особенностей каждой из возрастных групп учащихся, профессиональное владение широким спектром современных форм и методов обучения, инновационных педагогических технологий.

Вместе с тем, высококвалифицированный преподаватель не всегда сам владеет предметной областью, связанной с формированием информационной культуры личности и включающей не только широкий спектр профессиональных информационных знаний и умений, но и убеждений. Это и основанное на четкой системе аргументации убеждение в неотвратимости вступления человечества в информационное общество и общество знаний; и представление о многообразии накопленных

человечеством информационных ресурсов; и владение алгоритмами информационного поиска.

Для всех членов общества сегодня возрастает необходимость постоянного повышения квалификации, обновления знаний, освоения новых видов деятельности.

Признаком информационного общества является утверждение культа знаний.

Понятие компьютерной грамотности формировалось вместе с введением в УССО предмета ОИВТ.

Попытка сформулировать требования к компьютерной грамотности учащихся сделана уже в пояснительной записке к первой программе, однако, в более систематизированном изложении компоненты компьютерной грамотности описаны в адресованном преподавателю первом методическом руководстве по преподаванию курса ОИВТ.

Здесь выделялись следующие группы компонентов, составляющих содержание компьютерной грамотности обучающихся:

– понятие об алгоритме, его свойствах, средствах и методах описания алгоритмов, программе как форме представления алгоритма для ОИВТ; основы программирования на одном из языков программирования;

– практические навыки обращения с ЭВМ;

– принцип действия и устройство ЭВМ и ее основных элементов;

Применение и роль компьютеров в производстве и других отраслях деятельности человека.

Анализ перечисленных компонентов показывает, что появление понятия компьютерной грамотности (КГ) явилось результатом расширения понятия алгоритмической культуры (АК) учащихся путем добавления таких «машинных» компонентов, как умение обращаться (или, на жаргоне информатиков – общаться) с ЭВМ, знание устройства и принципов действия ЭВМ, а также роли ЭВМ в современном обществе.

Представления об областях применения и возможностях ЭВМ, социальных последствиях компьютеризации. Форми-

рование этого компонента компьютерной грамотности также не является задачей исключительно курса информатики и выходит за его пределы.

Сферы применения и роль ЭВМ в повышении эффективности труда целесообразно раскрывать учащимся в процессе практического использования компьютера для решения различных задач в ряде учебных предметов. Сокращенно четырехкомпонентная структура компьютерной грамотности, описанная выше, может быть обозначена совокупностью четырех ключевых слов: общение, программирование, устройство, применение.

При сохранении всех компонентов компьютерной грамотности усиленное акцентирование внимания на том или ином из них может приводить к существенному изменению конечной цели преподавания предмета информатики.

Эффективное применение ЭВМ во многом зависит от эмоционального отношения к компьютеру, особенностей саморегуляции, мотивационной сферы и личности пользователя, сформированности специальных коммуникативных навыков.

Таким образом, компьютерная грамотность определяется, как умение работать на компьютере и овладение компьютерной грамотностью человека.

Информационная культура – это определенный уровень знаний, который предоставляет возможность человеку свободно без препятствий ориентироваться в пространстве информации, принимать активное участие в его формировании и всеми методами способствовать информационному взаимодействию.



## **АКТИВИЗАЦИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ ИНФОРМАТИКИ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Зуенок А. Ю.*

Активизация познавательной деятельности при обучении – одно из основных направлений совершенствования учебно-воспитательного процесса в школе. Сознательное и прочное усвоение знаний происходит в процессе активной умственной деятельности. Поэтому работу следует организовать так, чтобы учебный материал становился предметом активных действий ученика. К.Д. Ушинский подчеркивал: «Важно серьезное занятие сделать для детей занимательным». Исходя из этого, важнейшими факторами активизации познавательной деятельности учащихся являются: сотрудничество учащихся и учителя, самостоятельная работа на уроке, применение фронтальной, групповой, индивидуальной форм работы, дифференциация обучения, контроль знаний, умений, навыков, использование занимательного практического материала, создание проблемных ситуаций, поощрение учащихся, проектные работы.

В процессе изучения информатике необходимо создавать атмосферу, помогающую обучающимся как можно более раскрыть свои способности. Сочетание нескольких технологий, позволяет сделать каждое занятие привлекательным и неповторимым. Использование элементов развивающего обучения существенно повышает уровень знаний по информатике, познавательную активность учащихся.

Удивление, желание узнать больше об изучаемом объекте, поделиться своими знаниями – характерные показатели познавательного интереса.

Вопросы активизации учения учащихся относятся к числу наиболее актуальных проблем современной педагогической науки и практики. Реализация принципа активности в обучении имеет определенное значение, так как обучение и развитие носят деятельностный характер, и от качества учения как деятельности зависит результат обучения, развития и воспитания учащихся.

Ключевой проблемой в решении задачи повышения эффективности и качества учебного процесса является активизация учения учащихся. Ее особая значимость состоит в том, что учение, являясь отражательно преобразующей деятельностью, направлено не только на восприятие учебного материала, но и формирование отношения у обучающегося к самой познавательной деятельности. Преобразующий характер деятельности всегда связан с активностью субъекта. Знания, полученные в готовом виде, как правило, вызывают затруднения у обучающихся в их применении к объяснению наблюдаемых явлений и решению конкретных задач.

Актуальность данной темы состоит в том, что активные методы обучения позволяют использовать все уровни усвоения знаний: от воспроизводящей деятельности через преобразующую к главной цели – творческо-поисковой деятельности. Творческо-поисковая деятельность оказывается более эффективной, если ей предшествует воспроизводящая и преобразующая деятельность, в ходе которой учащиеся усваивают приемы учения.

Необходимость активного обучения заключается в том, что с помощью его форм, методов можно достаточно эффективно решать целый ряд задач, которые трудно достигаются в традиционном обучении:

- формировать не только познавательные, но и профессиональные мотивы и интересы, воспитывать системное мышление;
- учить коллективной мыслительной работе,

– формировать социальные умения и навыки взаимодействия и общения, индивидуального и совместного принятия решения,

– воспитывать ответственное отношение к делу, социальным ценностям и установкам как коллектива, так и общества в целом.

За последние несколько лет изменились мотивы изучения предмета. Мотивом для изучения информатики, конечно, в первую очередь выступает интерес к компьютеру. Однако с каждым днем для большинства людей компьютер становится, фактически, бытовым прибором, а вместе с ним теряет и мотивационную силу. Появление очень большого количества программных продуктов снизило стремление учащихся к теоретической информатике. Учитывая, что мотивы обучающихся формируются через их потребности и интересы, все усилия педагог должен направить на развитие познавательных интересов обучающихся.

Изучив данную проблему можно сделать выводы что:

– необходимо обратить особое внимание именно на познавательную деятельность обучающихся, т.к. активизация деятельности на занятиях информатики не представляет особого труда. Эта активность связана в основном с восприятием обучающимися компьютера только как средства развлечения. И, соответственно, изучение компьютера, как вычислительного средства, инструмента для поиска, обработки, передачи информации, то есть как важнейшего орудия для осуществления информационных процессов, наконец, изучение устройства и принципов работы ЭВМ отходит у большинства обучающихся на второй план.

– активизируя познавательную деятельность обучающихся средствами, реализуя межпредметные связи в сочетании с современными мультимедийными возможностями и всем известной значимости изучения информатики можно найти массу методов, приёмов и средств такой активизации.

## **КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА: ПОНЯТИЕ И НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Ражнова А. В.*

Компьютерная графика – область деятельности, направленная на создание и обработку визуальной информации средствами компьютера.

Компьютерная графика стала научным направлением, которое проникает сегодня во все сферы интеллектуальной деятельности человека. Она рассматривается как дисциплина, способствующая творческому развитию студентов.

Объектами компьютерной графики являются чертежи, таблицы, графики, схемы, рисунки, мультфильмы, компьютерные игры, презентации, анимации, видеоуроки и т.п.

Различают несколько видов и областей применения компьютерной графики: научная графика; деловая графика; конструкторская графика; иллюстративная графика; рекламная и художественная графика; компьютерная графика; мультимедиа.

Выделяют несколько основных графических редакторов по работе с графикой, Adobe Photoshop является одним из них. Adobe Photoshop – это один из самых мощных редакторов по работе с растровой графикой. Возможности данной программы безграничны, в ней можно сделать практически всё. При помощи фотошопа создается множество графических объектов. Например, в интернете это могут быть кнопки, иконки, логотипы, рекламные баннеры и т.д. Дизайн сайтов также разрабатывается в данном редакторе. Поэтому изучение такого редактора, как Adobe Photoshop является необходимым для будущих программистов и дизайнеров. Создание любого сайта начинается именно с подготовки макета в формате \*.psd, иными словами, вы получаете изображение будущего сайта,

который после может уже отправится на верстку и программирование. И совсем не имеет значения то, какой вы сайт хотите создать (блог, интернет-магазин или какой-то тематический сайт), первый этап всегда будет включать в себя разработку макета будущего сайта в фотошопе.

Графический редактор Adobe Photoshop может быть удобным инструментом в разных профессиях. Им пользуются фотохудожники, веб-дизайнеры, создатели рекламных баннеров, рекламщики.

Использование компьютерной графики в различных сферах деятельности человека является не только чем-то новым, но и необходимым в современном мире. Не малую роль компьютерная графика играет и в современном образовании. Например, для демонстрации результатов разных педагогических мониторингов могут использоваться диаграммы и графики, а также таблицы. Для создания различных средств обучения педагоги используют такие виды компьютерной графики, как художественная и иллюстративная графика, компьютерная анимация, мультимедиа. Компьютерная графика позволяет педагогам создавать графические средства обучения, которые стимулируют и мотивируют студентов, а также помогают добиться больших творческих достижений. Это доказывает необходимость изучения основ компьютерной графики как отдельной дисциплины.

УДК 622

Воронич Л. В., Солоневич О. Н.

## **ТЕСТИРОВАНИЕ ВСТРОЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Дробыш А. А.*

Встроенное программное обеспечение (built-in software) – это компьютерные программы, заложенные в компьютер и автоматически запускаемые при его включении. Примерами

таких программ являются текстовые редакторы (wordprocessors), таблицы (spreadsheets) и графические программы, которые встроены в некоторые настольные терминалы, используемые менеджерами.

Специфика встроенного программного обеспечения (ПО) задаёт определённые требования к организации процесса тестирования. С одной стороны, специалист по тестированию заметит много общего с процессом тестирования прикладного ПО, но, с другой стороны, выявит и немало отличий.

Первое, что можно отметить, так это то, что функциональность пользовательских интерфейсов чаще всего ограничена. С другой стороны, интерфейсы могут обладать обширными функциональными возможностями и быть очень сложными. Поэтому особое внимание при тестировании встроенного программного обеспечения уделяется с тестирования пользовательских интерфейсов на тестирование компонентов, неочевидных для конечных пользователей.

Второе значимое отличие – высокий уровень зависимости от аппаратного обеспечения. Даже в том случае, когда встроенное ПО построено на базе стандартного программного фреймворка, оно должно учитывать особенности конкретной аппаратной платформы. По определению, встроенное программное обеспечение разрабатывается для конкретного аппаратного модуля. Чаще всего такие модули разрабатываются вместе с соответствующим встроенным ПО. Именно оно запускается на данном оборудовании. В случае встроенного ПО у разработчика нет возможности быть полностью уверенным в том, что операционная система была протестирована для данной аппаратной платформы.

Работа встроенного ПО может зависеть от таких вещей, на которые инженеры, как правило, не обращают внимания при разработке прикладного ПО. Всё это делает успешную работу встроенного программного обеспечения в большей степени

зависимой от конкретного аппаратного модуля или поведения других модулей в той же шине или сети.

По сравнению со стандартной разработкой, такие вещи, как «состояние гонки» («race conditions»), чаще всего вызываются не взаимодействием внутренних компонентов самого программного обеспечения, а взаимодействием программного обеспечения со средой. Таким образом, количество факторов и параметров, влияющих на работу встроенного ПО намного выше. Воспроизведение дефектов поэтому также гораздо сложнее.

Выделяют 10 главных проблем автоматизации, которые необходимо решить при тестировании встраиваемого ПО:

- физический доступ к встроенной системе для проведения тестирования или получения результатов;
- возможности поддержки автоматизации тестирования в самом продукте;
- верификация поведения;
- доступность оборудования;
- безопасность;
- вопросы временных характеристик;
- эксперты в команде; автоматизация мультимедийных компонентов;
- ограничения памяти; недетерминизм тестируемой системы.

Тестирование встраиваемого программного обеспечения может быть достаточно трудоёмким и сложным процессом, а дефекты – воспроизводиться с трудом. Выделив время на создание правильной тестовой среды и выстраивание надлежащего процесса тестирования, можно добиться наилучших результатов.

## **ДЕЛОВЫЕ ИГРЫ В ПРЕПОДАВАНИИ ИНФОРМАТИКИ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Зуенок А. Ю.*

Методика разработки деловых игр предполагает наличие таких компонентов, которые следует иметь в виду при подготовке деловой игры по информатике:

1. Сюжет игры. На основе данного элемента формируются роли участников с их функциями, правила игры и задания. Сюжет игры основывается на имитационной модели реальной профессиональной деятельности и на игровой модели деятельности занятых в производстве людей. В сюжет могут войти моменты истории, приключений, исследований;

2. Роли участников и их функции. Распределение ролей может быть добровольным, с помощью жеребьевки или с использованием предварительного анкетирования. Предусматривается работа роли в двух режимах: индивидуальной и групповой. Роль имеет свои игровые цели, способы их достижения, порядок взаимодействия с другими играющими, что описывается в инструкции. При необходимости приводится характеристика межличностных отношений, права и обязанности должностных лиц. В любой игре присутствуют роли ведущего игры, эксперта. Ведущий отвечает за общий ход игры, а эксперт – оценивает деятельность играющих, оказывает помощь ведущему или участникам игры;

3. Задания. Важно учитывать дифференциацию при составлении заданий для игры. Все задачи должны быть посильны для любого играющего, иначе тот, кто не справляется с решением, может выпасть из игры;

4. Правила. Главная цель правил состоит в координировании поведения участников игры. Правила разъясняют следующее: как



обращаться с учебной литературой; указывать критерии, по которым присуждаются поощрения и штрафы; описывать порядок взаимодействия игроков с ведущим, с экспертами и друг с другом. При наличии в игре соревновательных моментов правила должны четко определять случаи, когда и кому присуждается победа. Плохо продуманные правила грозят провалом всей игры;

5. План игры. Для своевременной смены игровых этапов и завершения игры необходим план. Он представляется в виде схемы или таблицы, в которой указаны действия всех групп участников и соответствующие временные интервалы. В него также закладывается резерв времени, чтобы не выпасть из общего регламента игры. План можно повесить на доске или на стене, чтобы каждый мог его видеть и следить за ходом игры;

6. Система оценивания. Оценивание деятельности участников игры, как правило, проводится в баллах. Необходимо определить критерии, которые подвергаются оценке и максимальный балл за каждый из них. Имеет смысл ввести систему штрафов за нарушение правил игры, дисциплины, а также поощрения, например, за оригинальное решение. Введение в игру «покупки» дополнительной информации за определенное количество баллов стимулирует игроков к самостоятельному осмыслению непонятного материала;

7. Раздаточные материалы. Сюда включаются инструкции для игроков, справочные материалы, таблицы, схемы, бланки, документы, все то, что понадобится в процессе работы. Иногда имеет смысл делать плакаты по изучаемому материалу и вывешивать их на доске или на стене. В зависимости от сценария игры инструкции игрокам могут носить либо рекомендательный, либо обязывающий характер. В них содержатся правила поведения для каждого игрока и группы.

Рассмотрим примеры внедрения методики организации деловых игр на уроках информатики.

Деловая игра «Бюро программистов». Эту игру целесообразно использовать на уроках закрепления и проверки знаний,

например, после изучения темы «Текстовый редактор». Имитационной моделью в данной игре является ситуация, когда разработчик программы в фирме по производству программных продуктов объясняет начальнику отдела и потенциальному покупателю необходимость присутствия тех или иных команд форматирования в создаваемом программном продукте и их использование на конкретных примерах.

Деловая игра «Компьютерный салон». Эту игру лучше провести после изучения устройства компьютера или для повторения этой темы в конце учебного года. Имитационной моделью в данном случае выступает работа фирмы по сборке и продаже компьютеров. Игровой моделью является рабочий день фирмы.

Деловая игра «Вирусная эпидемия» Игру можно провести на вводном уроке по теме компьютерной безопасности, на котором обучающиеся знакомятся с основными понятиями. Перед участниками игры ставится следующая ситуация: в компьютерном мире вновь возникла вирусная эпидемия. В связи с этим организуется пресс-конференция, на которую приглашены специалисты по компьютерной вирусологии для разъяснения общих вопросов по компьютерным вирусам. Журналисты после проведения пресс – конференции должны подготовить статью или доклад по обсуждаемой теме.

Выше рассмотренные примеры показывают, что деловые игры обеспечивают развитие творчества, заинтересованность, активность учащихся и развивают речь.

УДК 621

Губин В. О.

## **ЕМКОСТЬ ПЗУ**

*г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Дробыш А. А.*

Память в компьютере делится на внешнюю и внутреннюю. К внешней памяти относятся магнитные и компактные диски,

магнитные диски в свою очередь разветвляются на гибкие диски (дискеты) и жесткий диск (винчестер), (информация, хранящаяся в этих ЗУ, в общем случае расположена на носителях и не является частью ЭВМ). К внутренней памяти относятся Оперативная память (ОЗУ), ПЗУ и энергонезависимая память CMOS (*complementary metal-oxide-semiconductor* – комплементарная структура металл-оксид-полупроводник) (в CMOS хранятся параметры конфигурации компьютера и настройки BIOS).

ROM используется в основном для хранения неизменяемых программ и данных, особенно в тех случаях, когда выпускается большое количество одинаковых микросхем. В ПЗУ находятся: программа управления работой самого процессора; программы управления дисплеем, клавиатурой, принтером, внешней памятью; программы запуска и остановки ЭВМ; программы тестирования устройств, проверяющие при каждом включении компьютера правильность работы его блоков; информация о том, где на диске находится операционная система, а также ПО для загрузки операционной системы (BIOS).

ПЗУ также часто называется энергонезависимой памятью, потому что любые данные, записанные в нее, сохраняются при выключении питания. В масочных ЗУ типа ROM(M) данные заносятся при изготовлении микросхем с помощью маски (шаблона) на завершающем этапе технологического процесса. При этом пользователь не может изменить содержимое памяти (то есть изготавливаются для постоянного хранения). Из ПЗУ можно только читать.

Что касается емкости ПЗУ, то информационная емкость памяти количественно определяется числом ячеек, в которых одновременно могут храниться числа. Для обращения, к ячейке микропроцессор должен послать в запоминающее устройство код ее номера – адрес хранящегося там числа. Чтобы иметь возможность обратиться к любой ячейке, надо обеспе-

чить соответствующее число разных кодовых комбинаций, которыми определяется адрес.

Способы увеличения емкости ПЗУ:

1. Самый очевидный способ: Замена ПЗУ с меньшей информационной емкостью на ПЗУ с большей емкостью.

2. Объединить  $n/m$ -микросхем в группы, причем все одноименные входы, кроме информационных, соединяются между собой.

3. Использовать дополнительный дешифратор.

4. Увеличить количество разрядов данных. Для этого необходимо всего лишь объединить одноименные адресные входы нужного количества микросхем ПЗУ; выходы же данных ПЗУ не объединяются, а образуют код с большим числом разрядов.

5. Использовать параллельное соединение одноразрядных ПЗУ.

6. Минимизация размеров транзисторов и увеличение их количества (повышение степени интеграции).

7. Переход на новые технологии, меньшее число микрометров.

Сравнительно высокая стоимость процесса подготовки шаблона для записи информации в масочные ROM делает производство небольших партий таких микросхем слишком дорогим. В подобных случаях гораздо удобнее и дешевле использовать ППЗУ.

Полупроводниковые ПЗУ состоят из двух основных частей: накопителя и схемы управления, или периферии. Накопитель – это основная часть ПЗУ, где хранятся данные (двоичные коды). Периферия предназначена для ввода и вывода этих данных. В нее входят дешифраторы, усилители, регистры, разного рода ключевые схемы, коммутаторы и другое.

Всего было изобретено 3 класса полупроводниковых запоминающих устройств, среди них: PROM, EPROM, EEPROM.

PROM (англ. Programmable Read-Only Memory) – класс полупроводниковых запоминающих устройств, постоянная память с пережигаемыми перемычками.

EPROM (англ. Erasable Programmable Read Only Memory) – класс полупроводниковых запоминающих устройств, постоянная память, для записи информации (программирования) в которую используется электронное устройство – EEPROM (англ. Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) – электрически стираемое перепрограммируемое ПЗУ (ЭСППЗУ), может быть стерт посредством электрического заряда. При этом все ячейки также переводятся в состояние «1». Также для стирания и перезаписи данных микросхему не нужно извлекать из компьютера. Более того, их содержимое можно изменять выборочно. Единственным недостатком этих микросхем является то, что для стирания, записи и чтения данных в них требуется разное напряжение.

За последние 5 лет (2013-2018) смогли сохранить свою актуальность только EPROM и EEPROM (так как они имели возможность многократного перепрограммирования (записи и стирания) данных), однако EPROM используется реже. Что касается PROM, данный класс практически полностью вышел из употребления в конце 80-х годов в связи со следующими недостатками: невозможность перезаписи; большой процент брака; необходимость специальной длительной термической тренировки, без которой надежность хранения данных была невысокой.

Одной из сравнительно недавних разработок памяти, подобных EEPROM, получила название флэш-памяти. В Flash-памяти толщина изоляции «плавающего затвора» менее 100 ангстрем, поэтому при перепрограммировании используется туннельный эффект. Флэш-память исторически происходит от ROM (Read Only Memory) памяти, и функционирует подобно RAM (Random Access Memory). Данные флэш хранит в ячейках памяти, похожих на ячейки в DRAM. В отличие от DRAM, при отключении питания данные из флэш-памяти не

пропадают, что и является отличительной чертой от ОЗУ и относит флэш-память к категории энергонезависимых. (Серии AT26 и AT45 последовательной Flash-памяти DataFlash корпорации Atmel для 2004 года обеспечивали самую высокую скорость для этого типа памяти – они работают на частоте до 70 МГц. Например, частота 66 МГц позволяет получить скорость передачи данных до 66 Мбит/с или 8,25 Мбайт/с, что соответствует времени доступа 120 нс для 8-разрядной параллельной Flash-памяти. С такой высокой скоростью передачи данных микросхема памяти объемом 64 Мбит может быть прочитана менее чем за 1 с. Микросхемы памяти небольшой емкости, например, 8 Мбит, могут быть считаны за 127 мс.)

По данным Web-Foot Research, рынок микросхем Flash-памяти с последовательным интерфейсом в 2007 году превысил 1 млрд долларов. В 2000 году эта цифра составляла всего 1млн долларов, а это значит, что прогнозируется увеличение объемов продаж в две тысячи раз за 14 лет!

EEPROM и FLASH основаны на технологии пространственного переноса заряда, которая практически полностью совместима с КМОП-технологией. Благодаря этому микросхемы памяти EEPROM и Flash до сих пор не имеют конкурентов по себестоимости производства.

Однако они характеризуются рядом существенных недостатков. Первый из них – медленная скорость записи информации, а второй – малое число циклов перезаписи информации, что существенно снижает надежность микросхем памяти этого типа. К тому же, первые микросхемы памяти EEPROM и Flash требовали подачи дополнительного высокого напряжения при программировании – порядка 12 В, что также затрудняло их использование.

Первой прорывом, возвестившим наступление новой эры энергонезависимой памяти, стало появление в конце прошлого века принципиально новой сегнетоэлектрической памяти (FRAM).

## **РАЗВИТИЕ ПОЗНАВАТЕЛЬНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ У УЧАЩИХСЯ НА ЗАНЯТИЯХ ИНФОРМАТИКИ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Зуенок А. Ю.*

Способности – это такие индивидуально-психологические особенности человека, которые отвечают требованиям данной деятельности и являются её успешным условием выполнения.

Показателями способностей в процессе их развития могут служить темп, лёгкость усвоения и быстрота продвижения в той или иной области человеческой деятельности. Способности проявляются не только в деятельности, но и создаются в этой деятельности. Они всегда являются результатом развития.

К познавательным способностям относятся: ощущения, представления, восприятия, разум, воля, интеллект, талант, интуиция, память, воображение, дедукция, индукция, аналогия, анализ, синтез. Педагог стимулирует учащегося к саморазвитию, изучает его познавательные потребности, создает условия творческой деятельности и тем самым формирует познавательные интересы учащихся.

Приемы и методы создания мотивации разнообразны, но все они, как правило, имеют интерактивный характер. Приведем некоторые из них.

Стимуляция познавательного интереса учащихся при помощи содержания учебного материала.

Прием – апелляция к жизненному опыту учащихся.

Этот прием заключается в том, что учитель обсуждает с учащимися хорошо знакомые им ситуации, понимание сути которых можно лишь при условии изучения предлагаемого материала. Необходимо только, чтобы ситуация действительно была жизненной, а не надуманной.

Прием – ссылка на то, что приобретаемое сегодня знание понадобится при изучении какого-то последующего материала или на других предметах. Интеграция. По специфике предмета учитель информатики пробуждает и развивает у учащихся на основе специального интереса стремление к изучению смежных предметов, овладению всей совокупности знаний.

Прием – важным стимулом познавательного интереса, связанным с содержанием обучения, является исторический аспект школьных знаний (более глубокое освещение отдельных проблем).

Ученики готовят доклады и рефераты на темы, информация в которых выходит за рамки школьной программы, по которым они выступают на уроках.

Прием – практическая необходимость в знаниях для жизни.

Прием – Выдача заданий разного уровня сложности. Дифференциация. Домашние задания, как правило, готовятся трех уровней сложности. Аналогичный подход осуществляется при выполнении самостоятельных и контрольных работ.

Прием – «Трудная задача». Предлагаются задания (задачи) повышенной сложности по уже изученным и изучаемым темам. Любой желающий может взять одно из заданий (задач) и попробовать его выполнить (решить).

Стимуляция познавательных интересов, связанная с организацией и характером протекания познавательной деятельности учащихся:

Прием – создание проблемной ситуации.

Проблемная ситуация созданная на уроке, рождает у учащихся вопросы. А в появлении вопросов выражен тот внутренний импульс (потребность в познании данного явления), который так ценен для укрепления познавательного интереса.

Прием – для развития познавательного интереса важно усложнение познавательных задач. Материал учения располагается так, что ученик постепенно, но неуклонно и непременно преодолевает всё более и более сложные его ступени. Такой процесс обучения требует овладения всё более сложными



умениями логически мыслить, разрешать противоречия, находить доказательства и т.д.

Прием – сила влияния творческих работ школьников на познавательный интерес состоит в их ценности для развития личности вообще, поскольку и сам замысел творческой работы, и процесс её выполнения, и её результат – всё требует от личности максимального приложения сил.

Одним из примеров можно привести метод проектов:

- обеспечивает развитие познавательных навыков учащихся, умений самостоятельно конструировать свои знания, умений ориентироваться в информационном пространстве, развитие критического мышления.

- предполагает не только наличие и осознание какой-то проблемы, но и процесс ее раскрытия, решения, что включает четкое планирование действий, наличие замысла или гипотезы решения этой проблемы, четкое распределение (если имеется в виду групповая работа) ролей, т.е. заданий для каждого участника при условии тесного взаимодействия.

- предпочтительно использовать в том случае, когда в учебном процессе возникает какая-либо исследовательская, творческая задача, для решения которой требуются интегрированные знания из различных областей, а также применение исследовательских методик.

Прием – ролевой подход. В этом случае ученику предлагается выступить в роли того или иного действующего лица, например, формального исполнителя алгоритма. Исполнение роли заставляет сосредоточиться именно на тех существенных условиях, усвоение которых и является учебной целью.

Прием – использование занимательного сюжета.

Прием – Использование интерактивных форм организации учебных занятий (игровые уроки, уроки-конкурсы, уроки-соревнования, уроки-турниры и др.). Все эти нестандартные, интерактивные формы проведения занятий способствуют повы-

шению интеллектуальной и творческой активности учащихся, что является важнейшим фактором развивающего обучения.

Прием – Очень большую роль в развитии познавательного интереса играют отношения между участниками учебного процесса:

- отношения между учителем учащимися всегда проявляются на уроке в эмоциональном тоне деятельности учащихся, который либо способствует появлению и укреплению познавательного интереса, либо гасит его.

- эмоциональность самого учителя всегда отражается на результате развития учащихся.

- вера в ученика, в его познавательные силы и возможности – мощный побудитель интереса к учению.

- соревнование – так же можно рассматривать как стимул познавательного интереса, связанный с отношениями между учениками.

- аргументированные положительные оценки и одобрительные суждения учителя и товарищей несут положительные эмоции, которые утраивают энергию учащихся.

Для более полноценного развития познавательного интереса, творческих способностей необходимо уделять внимание при составлении конспекта урока и на методы и формы обучения, именно они в большей степени влияют на познавательную активность.

УДК 621.762.4

Гунько Е. И.

## **НОВЫЕ ПРОФЕССИИ В ИТ**

*БНТУ, Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Дробыш А. А.*

Наблюдая за всевозрастающей популярностью информационных технологий, начинаешь задумываться, какие новые профессии появятся в ближайшем будущем.

Information Technology – сама эта сфера и её специалисты на современном рынке труда пользуются огромнейшей популярностью. Относящиеся к ней профессии характеризуются перспективой карьерного роста и высокой оплатой за трудовую деятельность. Ни один современный офис не обходится без кадров, задействованных в обслуживании компьютерного оборудования и занимающихся программным обеспечением. По этой причине, овладев одной из профессий, которая напрямую связана с информационными технологиями, можно обеспечить себя интересным и высокооплачиваемым занятием в будущем. К тому же стремительное развитие этой области рождает всё новые и новые специальности.

Формула появления новых профессий в сфере IT проста, но ей все же не хватает одной детали. В наши дни возникновение новых IT должностей не отражает появление новых технологий, а сигнализирует о фундаментальных сдвигах в области информационных технологий – в особенности об их эволюции на всех уровнях: от организаций сервисной поддержки и технического обслуживания до бизнес-лидеров.

«IT-организациям нужно быть более гибкими, необходимы независимые друг от друга команды специалистов, которые собираются вместе для решения конкретных задач», – говорит директор по информационным технологиям компании Mason Frank International Марк Хилл. «Это приведет к появлению нового поколения IT-специалистов, более бизнес ориентированных... и способных добиться успеха в постоянно изменяющихся условиях».

Современный офис не может обойтись без компьютера, инновационных технологий и без IT – специалистов – в просторечии АйТи. Что это за специалисты? Они делятся на айти-специалистов, кто занимается компьютерным оборудованием и тех, кто занимается программным обеспечением для компьютеров. Первые – системный администратор и инженер-разработчик компьютерного оборудования. Ко вторым относятся: программист, разработчик САПР, разработчики сайта.

Разработчик сайта знает механизмы работы Интернет. Среди тех, кто разрабатывает сайт – есть веб-дизайнер, веб-программист. Если сайт уже создан, то им занимается руководитель интернет-проекта или менеджер интернет-проекта. Его задача – управлять всей системой управления сайтом, администратор сайта, модератор сайта, редактор контента сайта. Интернет-магазин это тоже интернет-проект. Но есть громадные интернет-порталы, которые посвящены информации того или иного рода. Каждая компания СМИ имеет собственный сайт и коллектив сотрудников – веб-программисты, веб-дизайнеры, администратор сайта и контент-менеджер. Отдельно отметим специалистов по SEO – специалист по оптимизации сайта и продвижению сайта, есть аналитики сайта, аудиторы сайта. Программное обеспечение, ПО, разрабатывается для бизнес-процессов компаний различного профиля: для компаний связи, для компаний транспорта, для производственных компаний. Цель таких программ – автоматизация процесса управления производством – АСУТП. Разработанные программы проверяет тестировщик программ. Это востребованная профессия среди профессий АйТи. Для управления документооборотом компании применяют ERP-системы. В связи с этим востребованы программист 1С и SAP-программист. Наконец, крайне востребованными на рынке АйТи специалистов являются специалисты по средствам защиты информации. Защита информации нужна каждому банку, каждой фирме, каждому госпредприятию. Разработка методов защиты информации суперинтеллектуальная и сверх-нужная работа.

Инженер по машинному обучению  
(Machine learning engineer)

Поскольку всё больше компаний разрабатывают программы для социальной фильтрации, фильтрации спама и распознавания фрода в больших объёмах данных, некоторые эксперты видят стремительный рост спроса на специалистов по машинному

обучению, которые могут разрабатывать алгоритмы и техники для улучшения эффективности работы компьютеров.

По данным кадрового агентства Mondo, основанным на рейтинге 2017 года для 11 ведущих регионов США, это одна из двух ведущих в IT-должностей.

Машинное обучение – развивающаяся и востребованная область, в которой специалистов компании нанимают особо охотно, поскольку такие работники могут максимально полно реализовать потенциал технологий на базе искусственного интеллекта, способных функционировать в полуавтоматическом режиме.

#### DevOps инженер (DevOps engineer)

Эта профессия не столько развивающаяся, сколько уже заслужившая широкую популярность. Это хороший пример того, как быстро новая должность может занять прочную позицию, даже если люди не до конца понимают, что же она означает, или существует ли она в принципе.

«Такой профессии не должно существовать – DevOps (от англ. development и operations) – это скорее тип мышления, культура или сообщество людей, но все чаще этот термин используется в качестве условного обозначения инженеров или системных администраторов, обладающих также навыками внедрения и тестирования», – считает Джастин Кан, инженер по инфраструктуре в ZenHub.

#### Юрист, работающий в сфере искусственного интеллекта (AI lawyer)

Огромный резонанс вызвало появление «роботов-юристов», но в данном случае речь идет о реальном человеке, в равной степени являющимся как техническим специалистом, так и экспертом в юриспруденции. Поскольку люди все чаще взаимодействуют с системами ИИ.

«Возникает целая сфера действия права и ответственности, в которой должен будет разбираться технический работник для того, чтобы идти в ногу с изменениями в области IT», – говорит Кайл Вайт, главный исполнительный директор и один

из основателей компании VeryConnect, занятой в сфере SaaS (software as a service).

Менеджер поставщиков решений для облачных вычислений  
(Cloud vendor liaison)

Йен МакКларти, главный исполнительный директор и президент компании PhoenixNAP Global IT Services, ожидает, что рост мультиоблачной среды потребует особой роли, связанной с управлением несколькими поставщиками информации, оптимизацией ресурсов и, как правило, раскрытием потенциальных преимуществ мультиоблачных стратегий.

«Должность будет одновременно технической и финансовой», – предполагает Йен МакКларти. «Такой человек должен быть достаточно находчивым для того, чтобы взглянуть на использованные ресурсы с точки зрения информационных технологий, и в то же время быть в состоянии формировать все расширяющийся список поставщиков».

Тестировщик новых технологий  
(Name-your-technology tester)

Технологии приходят и уходят, а необходимость убедиться, что эти технологии работают как положено, есть всегда, даже в эру повсеместной автоматизации в IT-сфере.

«В связи с постоянным появлением и внедрением в приложения новых сложных технологий, существует постоянная потребность подтверждения качества их функционирования», – говорит Билл Макги, коммерческий директор компании Sauce Labs. «Подходы к тестированию приложений будут эволюционировать, как интернет вещей, системы искусственного интеллекта или виртуальной реальности, и выйдут на передний план наряду с такими новыми концепциями, как биткойн и блокчейн».

Билл Макги предлагает создавать такие должности, как «тестировщик виртуальной реальности», «инженер по тестированию системы блокчейн», «специалист по тестированию результатов глубинного анализа данных» и «инженер по автоматизации инфраструктуры».

Последняя, смесь DevOps и автоматизации тестирования, является хорошим напоминанием того, как некоторые возникающие профессии могут пересекаться и даже вступать в конфликт друг с другом: эта должность относится к той же семье, что и еще две стремительно набирающие популярность должности – «DevOps-инженер» и «специалист по обеспечению надежности сайтов». (Если взглянуть под определенным углом, они ничем не будут друг от друга отличаться). Также эта должность может функционировать как, например, должность администратора конвейера, предложенная Йеном МакКларти.

Однако можно ожидать, что должности, связанные с тестированием и контролем качества, не утратят своей актуальности, хоть и будут появляться под другими именами.

#### QA-инженер науки о данных (Data science QA)

Популярность профессии ученого по данным повлекла за собой соответствующие бизнес нужды, особенно учитывая то, сколько денег компании вкладывают в специалистов такого рода. А именно в то, чтобы подтвердить правильность сделанных учеными по данным выводов. Науке о данных, как и программному обеспечению, необходим контроль качества (QA, или quality assistance).

«Наряду с обилием высокооплачиваемых должностей для ученых по данным также возрастает потребность в обеспечении качества, поскольку полученные данные будут в дальнейшем использоваться в деловой и финансовой сферах», – говорит Кайл Уайт из VeryConnect.

#### Квантовый программист (Quantum programmer)

Возможно, звучит очень футуристично, но эра квантового программирования ближе, чем многие себе представляют.

«Поскольку многие крупнейшие технологические компании расширяют границы квантовых вычислений, перед нами лежит бездна возможностей в виде квантовых алгоритмов», – утверждает Кайл Вайт. «Программисты в этой области будут невероятно

востребованы среди компаний-первопроходцев, стремящихся создать оригинальные аппаратные средства будущего».

Гейм-дизайнер — это создатель игр в широком смысле этого слова. Это и «продюсер» игр, и ответственный за их дизайн и функциональность. Профессия гейм-дизайнера нелегка, но интересна, ведь объединяет в себе и творчество, и техническую работу.

SEO-специалист — это человек, занимающийся продвижением сайта. Этот работник незаменим при создании любого функционального сайта. SEO-специалист выводит сайт в топ поисковиков, создавая большой поток посетителей и заинтересованность аудитории в сайте и его услугах.

Почему же профессия в IT-сфере обрела такую всемирную значимость? Всё сейчас создаётся с помощью IT-технологий, что реализуются в гаджете, который сотворили инженеры и аййтишники. Всё, что есть в современных телефонах, планшетах, ноутбуках — все дело рук IT-специалистов. Все приложения, социальные сети, компьютерные программы и многое-многое другое — все это результаты работы мировой команды IT-специалистов. И перспективы в этом направлении безграничны. Ведь мир оцифровывается с каждым днем, и лет через 50 знание IT, возможно, будет, как знание 2+2...

УДК 692

Гурьянов Д. В.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ  
IT-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МЕТОДИК,  
УЛУЧШАЮЩИХ ЗРЕНИЕ, А ТАКЖЕ СБОРА ДАННЫХ  
В МЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ  
ПСИХО-ФИЗИОЛОГИИ ЗРЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА**

*СШ №1 г. Минска*

*Научный руководитель Гурьянова Т. В.*

Поскольку проведенные в ведущих медицинских учреждениях РБ клинические испытания использования компьютер-



ной игры «тетрис» (входящей в комплект «Аист-пик»), разработанной с соблюдением определённой методики, показали высокую эффективность (после 10 сеансов лечения острота зрения при амблиопии повысилась в среднем на  $0,11 \pm 0,01$ ; фузионные резервы расширились в среднем на  $6,5 \pm 0,73$  призматических диоптрий), мы предположили, что и другие компьютерные игры, соблюдающие эту методику могут *помочь в коррективке* и восстановлении ряда расстройств зрения.

*Цель работы:* проверить, уточнить и дополнить методику коррективки ряда расстройств зрения, реализованную в одной конкретной компьютерной игре «тетрис» на других играх, научиться использовать современные ИТ-технологии для сбора данных и подтверждения научных гипотез в медицинских исследованиях психофизиологии зрения человека.

*Актуальность.* Проблемы со зрением есть у трети населения планеты. Специфические проблемы со зрением (расстройство бинокулярного зрения, амблиопия, косоглазие...) имеет 2-3% населения земного шара.

*Краткое описание проделанной работы.* При создании корректирующей программы необходимо соблюдать следующие правила: в игре (обучении, составлении сюжета сказки) должно участвовать два основных цвета, один из которых обязательно должен быть красным, второй, желательнo синим (для использования стандартных стереочков), причём должен быть соблюден баланс красного и синего цветов (50% фигур красного цвета, 50% синего, и появляться они должны по очереди).

Важно, чтобы персонажи (детали игры, буквы или линии в обучающей программе) «мелькали» с определенной частотой (12 герц), оптимальной для получения терапевтического эффекта.

Важно, чтобы можно было в программе изменять яркость, контрастность и оттенок красного и синего цветов (чтобы, смотря через стереочки (3D-очки, *анаглифные очки*), добиться эффекта полного исчезновения раскрашенного объекта).

Чтобы провести проверку каждой из сделанных игр, с использованием элементов методики, нужно потратить очень много времени и денег. Мы решили сделать это, используя бесплатные IT-сервисы. Мы разработали методику и написали, руководствуясь ею, несколько игр-тренажёров (пример одного из них <http://csc.minsk.by/index.html>) и опубликовали их в собственном интернет-магазине, на Chrom Web Store, подготовили некоторые из них к публикации на Google Play:

- <https://play.google.com/store/apps/details?id=binocularvision.correction.pass>;
- <https://play.google.com/store/apps/details?id=binocularvision.treatment.pass>;
- <https://play.google.com/store/apps/details?id=binocularvision.correction.way>.

Данные статистики сервисов компании Google и нашего сервера мы используем для сбора отзывов и статистических данных, подтверждающих успешность внедрения методики и могущих обобщить её на любые компьютерные игры, сделанные с соблюдением определённой технологии, которая уточняется нами и совершенствуется в процессе нашего исследования.

Мы руководствовались методикой, впервые разработанной врачом-офтальмологом Е.К. Сорочкиным (первоначально делали проект вместе с ним) и внесли свою лепту, как в плане технической реализации, так и наметили пути развития методики, которые требуют дополнительных исследований, так, например, нами уточняется вопрос о процентном соотношении мелькающих объектов игры со статическими, лечебная эффективность при мелькании 100% цветных игровых объектов.

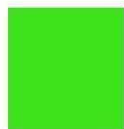
Примеры нескольких игр, созданных по этой методике (можно опробировать с практически с любого компьютера или смартфона под интернетом):

- [csc.minsk.by/index.html](http://csc.minsk.by/index.html);
- [csc.minsk.by/Pass12\\_2/index.html](http://csc.minsk.by/Pass12_2/index.html);
- [csc.minsk.by/BinocularVisionQuest2/index.html](http://csc.minsk.by/BinocularVisionQuest2/index.html).

Данные игры-тренажеры, предназначены для тренировки и восстановления расстройств бинокулярного (в том числе стереоскопического) и монокулярного зрения (при косоглазии и амблиопии), профилактики этих нарушений у здоровых людей, а также в качестве развивающей игры для стимуляции сенсорно-моторных механизмов и совершенствования координации и логического мышления у детей дошкольного и школьного возраста.

Играть (кроме случаев амблиопии) в стереочках, предварительно откалибровав цвет.

Закройте левый глаз. Перемещая ползунок по цветной фигуре, добейтесь того, чтобы квадрат стал максимально невидимым



В игре-тренажёре жанра «шутер» можно увеличивать количество очков и монет, есть режим переключения языков (русский/английский). За определённое набранное количество монет можно сделать up-grade объекта, от лица которого играет пользователь. Уровни игры усложняются по мере возрастания количества очков. Версия подходит, как для персональных компьютеров, так и для смартфонов (есть touch-mode).

В игре-тренажёре жанра «платформер» 10 уровней возрастающей сложности, плюс, возможность зарабатывать дополнительные очки, собирая «звезды», которые расположены в труднодоступных местах. Уровни игры-тренажёре жанра «квест» желательно проходить последовательно, поскольку сложность их возрастает, в зависимости от порядкового номера уровня. Первый уровень является обучающим. Рекомендуемое время одного сеанса игры для детей дошкольного возраста не более 10 минут, для школьников не более 15 минут.

Принцип лечебного воздействия изделия основан на разделении полей зрения цветными очками-светофильтрами (стереочками). Объект наблюдения представлен в виде динамичной игровой ситуации (игры) на экране монитора. Цвета объектов игры соответствуют цветам светофильтров очков, при этом объекты, видимые одним глазом, являются невидимыми для другого. Поэтому, решение игровой задачи возможно только при одновременном различении всех объектов игры, что включает в процесс игры оба глаза пациента, тренируя и восстанавливая расстройства бинокулярного зрения и повышая остроту зрения при амблиопии. Дополнительная стимуляция зрительного анализатора достигается с помощью мерцания объектов игры с оптимальной частотой.

При лечении амблиопии стереочки не нужны. При необходимости, пациент использует очки, корригирующие имеющиеся аномалии рефракции (близорукость, дальновзоркость, астигматизм). При этом, хорошо видящий глаз должен быть закрыт (прямая постоянная окклюзия) на весь период лечения. Повышение остроты зрения контролирует врач-офтальмолог, наблюдающий пациента. При достижении остроты зрения, достаточной для тренировки бинокулярного зрения (пациент в стереочках должен каждым глазом различать все объекты игры), при симметричном положении глаз, используют стереочки, оба глаза открыты. Имеющуюся разницу в остроте зрения выравнивают методом «пенализации» (специальная оптическая коррекция, назначаемая окулистом) или «затуманиванием», используя тонкую полиэтиленовую пленку или мыло, которым смазывают стекло корригирующих очков, соответствующее лучше видящему глазу (смоченная водой полиэтиленовая пленка легко фиксируется на стекле корригирующих очков). Степень «затуманивания» определяют визуально, при этом пациент должен хорошо различать все объекты игры обоими глазами.

Абсолютные противопоказания отсутствуют. Относительным противопоказанием является наличие у пациента злокачественных заболеваний и эпилепсии.

Далее определились пути развития и этого проекта, как в маркетинговом, так и в научно-исследовательском плане. Встали вопросы подготовки хорошей презентации, создание web-сайта (csc.minsk.by), с собственным интернет-магазином.



## Витрина

Отображаются все 4 результата

Исходная сортировка



TREATMENT OF BINOCULAR VISION DISORDERS AND AMBLYOPIA (LAZY EYE)

Бесплатно!

ДОБАВИТЬ В КОРЗИНУ



ИГРА-ПЛАТФОРМЕР ЛЕЧИТ БИНОКУЛЯРНОЕ И МОНОКУЛЯРНОЕ ЗРЕНИЕ (COMPUTER GAME: TREATMENT OF BINOCULAR VISION, AMBLYOPIA, ETC.)

Бесплатно!

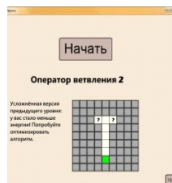
ДОБАВИТЬ В КОРЗИНУ



ИГРА-ШУТЕР ВОССТАНАВЛИВАЕТ БИНОКУЛЯРНОЕ И МОНОКУЛЯРНОЕ ЗРЕНИЕ (COMPUTER GAME: TREATMENT OF BINOCULAR VISION, AMBLYOPIA, ETC.)

Бесплатно!

ДОБАВИТЬ В КОРЗИНУ



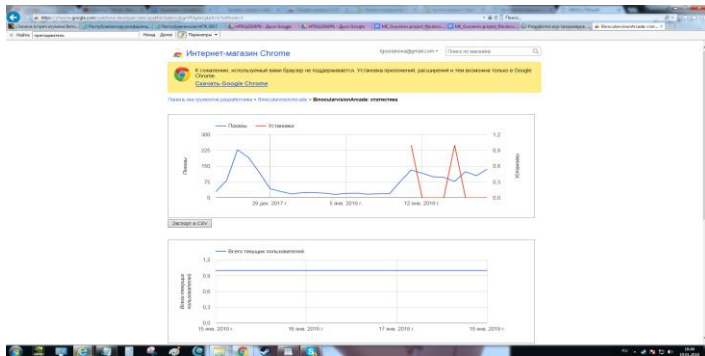
ОБУЧАЮЩАЯ ИГРА-ТРЕНАЖЕР ПОЗВОЛЯЕТ ПРАКТИЧЕСКИ ИГНОВЕННО ИЗУЧИТЬ НАЧАЛА ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПАСКАЛЬ

Бесплатно!

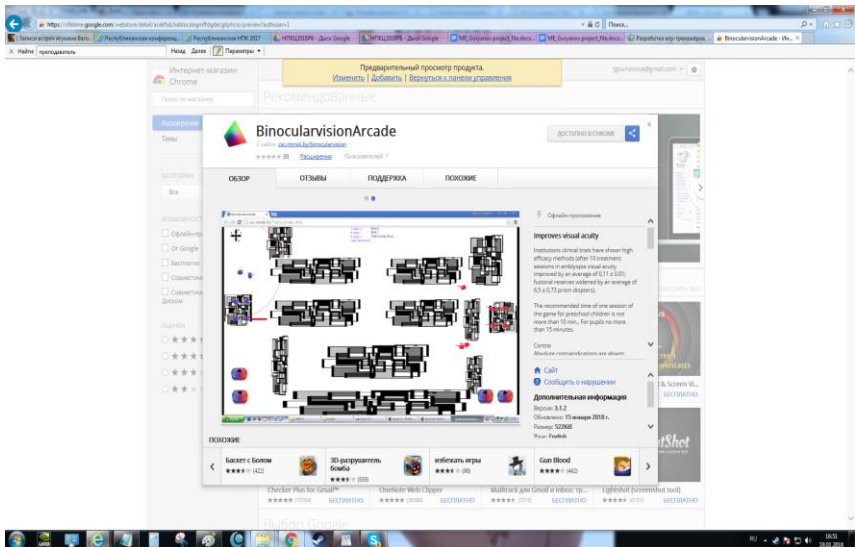
ДОБАВИТЬ В КОРЗИНУ

Пользователь, скачивающий игры-тренажеры через наш интернет-магазин обязательно оставляют свой действительный адрес своей электронной почты (ссылка на скачивание приходит на него), по которому через частную переписку можно следить за улучшениями зрения пользователей продукта. Кроме этого, есть возможность оставлять отзывы, которые могут остаться на витрине и доступны всем.

Распространяя игры-тренажеры через известные интернет-магазины подобный плотный контакт с пользователями мы установить не можем. Статистика магазинов позволяет отслеживать количество скачиваний, установок и удалений ПО



А также просматривать отзывы, гибко реагировать на замечания.



Мы наметили ряд направлений по улучшению лечебной части проекта, которые требуют дополнительных научных исследований. Так, например, в квесте (режим мерцания можно выключать) можно сделать мерцающими абсолютно все объекты: <http://csc.minsk.by/ColorMode2/index.html>

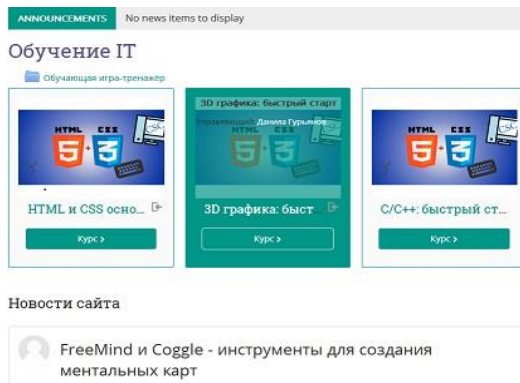
Мы также научились налаживать роботизированные ответы для общения с пользователями через сайт.

## СОЗДАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ОСНОВАМ РОБОТОТЕХНИКИ И ПРОГРАММИРОВАНИЯ

*СШ № 1 г., Минск*

*Научный руководитель: Гурьянова Т. В.*

Для начала мы решили создать обучающую систему по информатике (аналог <https://welcome.stepik.org/ru>) и для размещения обучающих материалов использовали cms moodla <http://csc.minsk.by/teach/>:



Одним из факторов развития готовности к успешному учению школьников, является методическая система курса объективно-ориентированного программирования. Большая часть курсов по информатике опубликована нами на <http://csc.minsk.by/beta/>. Эта методическая система и легла в основу наполнения нашего образовательного интернет-портала. Робототехника – очень быстро развивающееся сейчас перспективное направление. Изучение основ во многом очень зависит от материальной базы обучающихся.

Мы разработали низкобюджетный вариант изучения основ робототехники. Для возможности изучения робототехники уча-

щимися, которые не могут позволить себе и его, а также для учащихся младших классов мы решили взять идею стандартного исполнителя Робот в паскале (он есть в школьной программе), сделав его в стиле многоуровневой игры, создав систему различных уровней для постепенного обучения, от if и циклов, до массивов и функций. Начальный вариант реализован в виде обучающей программы <http://csc.minsk.by/product/robogame/>.

Для помощи в регистрации на сайте мы задействовали SiteHeart - платежный чат с умным Роботом автоответчиком:

The image shows a screenshot of a website interface for online learning. The top navigation bar includes links for 'О лечении проблем зрения', 'Он-лайн обучение', 'Витрина', 'Корзина', 'Оформление заказа', and 'Пользовательское соглашение'. The main content area is titled 'Он-лайн обучение' and features a user profile for 'Данила Гурьянов' with a 'Выйти' button. Below this, there are sections for 'Помощь онлайн' and 'ФОРУМЫ' with links to 'Анимация и графика', 'Предложения и замечания', 'Создание web-сайтов', and 'Языки программирования'. A large dark overlay displays a course titled 'TREATMENT OF BINOCULAR VISION, AMBLYOPIA, ETC.' with details about 'BinocularVisionArcade2' and 'Обучающая игра-тренажер'. A chat window titled 'Помощь онлайн' is overlaid on the bottom right, showing a conversation with a 'Robot' character. The chat messages are:

- Robot: Здравствуйте, чем и могу Вам помочь?
- Вы: как зарегистрироваться на он-лайн обучение?
- Robot: Перейдите по ссылке <http://csc.minsk.by/moodle/uxod/> Если слева сверху Вход выглядит, как гиперссылка, перейдите по ней! Пожалуйста ответьте получилось ли у вас!



Весьма полезным и эффективным в создании нашей системы стало использование платформы «Яндекс Контест» для проведения тестов, соревнований, турниров и проверки знаний учащихся. Для проведения соревнований мы получили права администрирования от компании «Яндекс». С инструкциями для настройки можно ознакомиться тут: <https://yadi.sk/d/Bvk1rWdP3EnqUK>.

УДК 372.8

Добровольский А. А.

**ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ АЛГОРИТМИЧЕСКИХ СПОСОБНОСТЕЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ В МЕТОДИКЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ИНФОРМАТИКИ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Зуенок А. Ю.*

Новые информационные технологии оказывают существенное влияние и на сферу образования. Происходящие фундаментальные изменения в системе образования вызваны новым пониманием целей, образовательных ценностей, а также необходимостью перехода к непрерывному образованию, разработкой и использованием новых технологий обучения, связанных с оптимальным построением и реализацией учебного процесса с учетом гарантированного достижения дидактических целей.

Одной из дидактических задач образовательного учреждения является формирование способностей учащегося, развитие его интеллекта. Важной составляющей интеллектуального развития человека является алгоритмическое мышление. Наибольшим потенциалом для формирования алгоритмических способностей обучающихся среди естественнонаучных дисциплин обладает информатика. Анализ развития стандарта образования по информатике позволяет сделать вывод: формирование алгоритмических способностей, обучающихся – важная цель школьного образования на разных ступенях изучения информатики. Реше-

ние задачи на компьютере невозможно без создания алгоритма. Умения решать задачи, разрабатывать стратегию ее решения, выдвигать и доказывать гипотезы опытным путем, прогнозировать результаты своей деятельности, анализировать и находить рациональные способы решения задачи путем оптимизации, детализации созданного алгоритма, представлять алгоритм в формализованном виде на языке исполнителя позволяют судить об уровне развития алгоритмических способностей обучающихся. Поскольку алгоритмические способности в течение жизни развиваются под воздействием внешних факторов, то в процессе дополнительного воздействия возможно повышение уровень их развития. Необходимость поиска новых эффективных средств развития алгоритмических способностей у обучающихся обусловлена его значимостью для дальнейшей самореализации личности в информационном обществе.

Эффективным способом формирования алгоритмических способностей, обучающихся в курсе информатики является обучение построению рекурсивных алгоритмов и их использованию при решении большого класса задач из раздела алгоритмизации и программирования, а также теории алгоритмов.

Понятие алгоритма является одним из основных при формировании начальной компьютерной грамотности. Алгоритмические способности являются необходимой частью научно-го взгляда на мир.

Алгоритмическое мышление – познавательный процесс, характеризующийся наличием чёткой, целесообразной последовательности совершаемых мыслительных процессов с присутствующей детализацией и оптимизацией укрупнённых блоков, осознанным закреплением процесса получения конечного результата, представленного в формализованном виде на языке исполнителя с принятыми семантическими и синтаксическими правилами. Под способностью алгоритмически мыслить понимается умение решать задачи различного происхожде-

ния, требующие составления плана действий для достижения желаемого результата.

Алгоритмическое мышление имеет свои общие и специфические свойства по сравнению с другими стилями мышления. В число общих свойств алгоритмического мышления входят целостность и результативность, помогающие увидеть поставленную проблему в целом виде и предполагают создание предварительного образа результата решения поставленной проблемы. К специфическим свойствам относятся дискретность, абстрактность и осознанная закреплённость в языковых формах. Эти свойства представляют собой пошаговость исполнения алгоритма, дают возможность абстрагироваться от конкретных исходных данных, перейти к решению задачи в общем виде и представить алгоритм при помощи некоторого формализованного языка. Компонентами алгоритмического мышления являются умение формализовать задачу и разбить её на отдельные составные логические блоки.

В методической литературе по информатике отмечены различные способы формирования алгоритмического мышления обучающихся: проведение систематического и целенаправленного применения идей структурного подхода (А.Г. Гейн, В.Н. Исаков, В.В. Исакова, В.Ф. Шолохович); повышение уровня мотивированности задач (В.Н. Исаков, В.В. Исакова); постоянная умственная работа (Я.Н. Зайдельман, Г.В. Лебедев, Л.Е. Самовольнова).

А.Г. Гейн считает в развитии мышления важным этапом освоение системы базовых знаний, отражающих вклад информатики в формирование научной картины мира, роль информационных процессов в социальных, биологических и технических системах.

Основные принципы построения обучения, направленного на развитие алгоритмического мышления сводятся к следующим: систематичность работы, направленной на развитие алгоритмического мышления; системность, полнота и всесто-

ронность рассмотрения отдельных действий, входящих в структуру алгоритмического мышления; возможность соотнесения полученных результатов с эталоном. Для выполнения этих условий целесообразно и необходимо использование ПК.

Таким образом, развитие алгоритмического мышления представляет собой процесс, проходящий в несколько этапов, начиная со школы и заканчивая процессом обучения в вузе.

УДК 372.8

Дробинин А. Э.

## **РАЗВИТИЕ ЛОГИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ИНФОРМАТИКИ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Зуенок А. Ю.*

Характерной чертой современного этапа развития общества является использование вычислительной техники и информационных технологий во всех сферах его деятельности. Это обстоятельство, а также продолжающееся в настоящее время формирование единого глобального информационного пространства требует актуализации соответствующих педагогических усилий по подготовке подрастающего поколения к жизни в условиях динамичности, изменчивости направлений дальнейшего развития социума и сферы производства. Вместе с тем, информатика является быстроразвивающимся и быстроменяющимся предметом, зависящим от стремительного развития компьютерной техники, электронных коммуникаций и программного обеспечения. Поэтому в «Концепции по учебному предмету «Информатика» выделены фундаментальные направления, на которых можно строить долговременную учебную программу. Одним из таких направлений является развитие логического и алгоритмического мышления обучающихся.

Мышление – это психический процесс, благодаря которому человек отражает предметы и явления действительно-

сти в их существенных признаках и раскрывает разнообразные взаимосвязи, существующие в них и между ними. По форме мышления выделяют следующие его виды: наглядно-действенное, наглядно-образное и абстрактно-логическое. Под абстрактно-логическим (или просто логическим) мышлением обычно понимают вид мышления, сущность которого в оперировании понятиями, суждениями и умозаключениями с использованием законов логики. На практике, однако, все три вида мышления находятся в постоянном взаимодействии и дополняют друг друга, поэтому успешное развитие логического мышления предполагает формирование и совершенствование всех видов, форм и операций мышления, выработку умений и навыков по применению законов мышления в познавательной и учебной деятельности, а также умений осуществлять перенос приемов мыслительной деятельности из одной области знаний в другую.

Развитие логического мышления является одним из основных направлений в преподавании информатики, что связано со спецификой её содержания как учебного предмета. К таким особенностям содержания нужно, отнести:

1. Абстрактный характер многих понятий информатики.

Это относится как к теоретической части («информация», «информационная модель»), так и к освоению практических умений (например, использование адресов ячеек в формулах электронных таблиц).

2. Изучение алгоритмизации и программирования.

При построении алгоритмов обучающиеся учатся анализировать, сравнивать, описывать планы действий, делать выводы; у них вырабатываются навыки излагать свои мысли в строгой логической последовательности. В области информатики конечным потребителем алгоритма становится не человек, а компьютер, поэтому процесс написания и отладки программы требует знания и применения логических операций. Кроме того, составление программ часто требует математиче-

ских знаний, работы с переменными, массивами данных – то есть свободного владения абстрактными понятиями.

Психологией установлено, что мышление носит поисковый характер: простое сообщение знаний, простая передача приемов и способов умственных действий путем показа образца и тренировки не развивает мышления. Мышление возникает при наличии проблемы, задачи и представляет собой движение от неизвестного, непонятного к известному, понятному. Таким образом, специфика информатики как учебного предмета предоставляет замечательные возможности для развития логического мышления, поскольку многие задания, которые выполняют обучающиеся на занятиях, умения, которые они осваивают, связаны с оперированием абстрактными понятиями и использованием законов логики. С другой стороны, выполнение заданий и освоение умений может стать затруднительным при недостаточно развитом логическом мышлении. В связи с этим некоторые педагоги вводят в структуру учебных занятий специальные упражнения: текстовые и символично-графические логические задачи, решение которых можно сочетать с работой в каком-либо приложении, например, редакторе электронных таблиц.

Сложности в усвоении абстрактных понятий должны преодолеваться согласно рекомендациям, сформулированным педагогической психологией: чем абстрактнее понятие, тем больше конкретных объектов должно быть подвергнуто анализу с целью выявления существенных его черт, тем шире должно «работать» данное понятие при описании и объяснении конкретных объектов. Лишь на основе анализа конкретных объектов и в процессе использования понятие предстает в своем полном объеме, выделяются все его существенные стороны. В противном случае усвоение понятия имеет словесный, книжный характер, его словесное обозначение не вызывает у учащихся никакой ассоциации.

Полезной является демонстрация при объяснении нового материала логических схемы понятий. Они являются именно

таким представлением информации человеку, когда смысловое содержание понятия дополняется не только перечислением признаков данного понятия, но и наглядным представлением его взаимосвязи с другими понятиями. Включенность понятия в совокупность взаимосвязей помогает появлению дополнительных ассоциаций, закреплению понятия в схемах мышления учащихся, переносу знаний о понятии из одной области на знания из другой областей.

Развитие логического мышления является одной из основных задач в процессе преподавания информатики. Само содержание учебного предмета, с одной стороны, способствует её успешному выполнению, а с другой – требует от педагога особого внимания и усилий в развитии логического мышления обучающихся, поскольку степень его развития во многом определяет успехи в освоении содержания учебной программы. Вместе с тем нельзя забывать, что логическое мышление находится в постоянной взаимосвязи с другими видами мышления, поэтому объяснение абстрактных понятий и законов логики должно сопровождаться показом, примерами конкретных объектов и, главное, закрепляться практикой – работа с вычислительной техникой предоставляет для этого уникальные возможности.

УДК 372

Дробыш Т. В.

## **ФУНКЦИОНАЛ ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ**

*Минск, БНТУ*

*Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Петюшик Е. Е.*

Одной из главных «стратегий» современности является автоматизация всех видов работ. Не исключением является и работа преподавателя языков программирования.

Ранее нами были выявлены предпосылки к автоматизации элементов такой работы, в частности учебно-методической работы. Суть состоит в следующем: при подготовке к лабораторным и практическим занятиям многие элементы несут в себе большую долю повторяемости в достаточно ограниченном диапазоне вариаций. Это позволяет построить эффективные алгоритмы таких действий и попытаться их автоматизировать – разработать программное средство.

Анализ содержания лабораторных работ по дисциплинам «Конструирование программ и языки программирования», «Информатика», «Прикладное программное обеспечение» показал следующее: задания выдаются для группы целиком, в связи с чем, преподаватель работает со списком группы – целесообразно внести механизм сортировки по возрастанию/убывания фамилий. Исходя из выше изложенного нами предлагается следующий функционал программного средства: генерация для каждого студента из списка номера варианта с контролем повторяемости и настройкой диапазона генерации; генерация числовых коэффициентов математических уравнений в заданном пользователем диапазоне; генерация символьных переменных по заданным пользователем условиям; формирование вариативных текстовых заданий на основе подстановки в условия задач строковых (символьных) констант по заранее определенным маркерам; форматирований вывод результатов работы на экран компьютера или принтер.

Так же формализуем наши соображения по технической части программы: поскольку предполагается, что программное средство будет иметь развитый графический интерфейс пользователя, то в качестве языка программирования выбран C# и среда MS Visual Studio; из соображений минимизации нагрузки на компьютер выбран текстовый формат хранения списков и результатов работы \*.txt; выравнивание текста в строках будем осуществлять табуляцией и резервированием количества символов под слова; функционал программы



проще всего реализовывать во вкладках главного окна программы.

УДК 372.8

Ефимов Я. И.

## **ДИДАКТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАНЯТИЙ ПО ИНФОРМАТИКЕ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Зуенок А. Ю.*

Основной формой организации учебно-воспитательной работы с учащимися по всем предметам в средней школе является урок. Школьный урок образует основу классно-урочной системы обучения, характерными признаками которой являются: постоянный состав учебных групп учащихся; строгое определение содержания обучения в каждом классе; определенное расписание учебных занятий; сочетание индивидуальной и коллективной форм работы учащихся; ведущая роль учителя; систематическая проверка и оценка знаний учащихся. Преподавание основ информатики и вычислительной техники, без сомнения, наследует все дидактическое богатство, накопленное школой: урочную систему, домашние задания, лабораторную форму занятий, контрольные работы и т. п. Все это приемлемо и на уроках по информатике. Классификацию типов уроков (или фрагментов уроков) можно проводить, используя различные критерии. Исходя из дидактической цели, можно выделить следующие виды уроков: 1) уроки сообщения новой информации (урок-объяснение); 2) уроки развития и закрепления умений и навыков (тренировочные уроки); 3) уроки проверки знаний, умений и навыков.

На практике широкое распространение получили комбинированные уроки, имеющие разнообразную структуру и обладающие в связи с этим рядом достоинств: такие уроки обеспечивают многократную смену видов деятельности, создают

условия для быстрого применения новых знаний, обеспечивая обратную связь и управление педагогическим процессом, накопление отметок, возможность реализации индивидуального подхода в обучении. Остановимся на дидактических особенностях уроков информатики, вытекающих из специфического характера учебного материала предмета информатики. Эти особенности были обнаружены Ю. А. Первиным в ходе экспериментальной работы по преподаванию программирования школьникам в период, предшествующий введению курса информатики в школу. При проведении уроков по информатике есть возможность организации обучения и контроля знаний по белльланкастерской системе или по плану Трампа.

Творческое применение этого подхода демонстрирует и передовой опыт учителей-практиков по разным школьным предметам. Причины явно проявляющегося феномена передачи знаний по программированию, обусловленные, очевидно, спецификой самого предмета, требуют более глубокого и детального осмысления.

При этом отмечается важное обстоятельство: наиболее благоприятной сферой для проявления этого феномена являются различные формы внеклассных занятий по информатике, для которых характерна большая, чем на обычных уроках, свобода общения и перемещения школьников. Возникающая при этом демократическая система отношений сплачивает коллектив в достижении общей учебной цели, а фактор обмена знаниями, передачи знаний от более компетентных менее компетентным начинает выступать как мощное средство повышения эффективности учебно-воспитательного процесса.

Традиционные формы организации учебного процесса плохо способствуют развитию коллективной учебной деятельности учащихся, полностью отвечающей этому определению. Между тем специфические особенности содержания курса информатики и новые возможности организации учебного процесса, предоставляемые локальной сетью, позволяют при-

дать коллективной познавательной деятельности учащихся новый импульс развития.

Учитель может при организации соответствующих учебных ситуаций с успехом воспользоваться подходами, отработанными и испытанными в условиях производственного программирования: задача разбивается на ряд подзадач, решение которых поручается отдельным учащимся (или группе учащихся).

Такие задачи должны, следовательно, составлять целенаправленный компонент учебного обеспечения курса. Участие в коллективном решении задачи вовлекает школьника в отношения взаимной ответственности, заставляет его ставить перед собой и решать не только учебные, но и организационные проблемы. Все это чрезвычайно актуально с педагогической точки зрения, так как современный школьный учебный процесс должен нацеливать на формирование не только образованной, но и социально активной личности.

Важный обучающий прием, который может быть успешно реализован в преподавании курса информатики – копирование учащимися действий педагога. Принцип «Делай, как я!», известный со времен средневековых ремесленников, при увеличении масштабов подготовки потерял свое значение, ибо, вмещая в себя установки индивидуального обучения, стал требовать значительных затрат временных, материальных и кадровых ресурсов.

Возможности локальной сети, наличие демонстрационного экрана позволяют во многих случаях эффективно использовать идею копирования в обучении, причем учитель получает возможность одновременно работать со всеми учащимися при кажущемся сохранении принципа индивидуальности. К конкретным организационным формам обучения информатике относятся урок-лекция, урок-семинар, урок-лабораторная работа, индивидуальный практикум.

## **ОСНОВЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕТИ ИНТЕРНЕТ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Зуенок А. Ю.*

Глобальные сети (Wide Area Network, WAN) – это сети, предназначенные для объединения отдельных компьютеров и локальных сетей, расположенных на значительном удалении друг от друга. Глобальные сети объединяют пользователей, расположенных по всему миру. Джон Квотерман описывает Internet как «метасеть, состоящую из многих сетей, которые работают согласно протоколам семейства TCP/IP, объединены через шлюзы и используют единое адресное пространство и пространство имен».

В Internet нет единого пункта подписки или регистрации, вместо этого вы контактируете с поставщиком услуг, который предоставляет вам доступ к сети через местный компьютер. Данные пересылаются через маршрутизаторы, которые соединяют сети и с помощью сложных алгоритмов выбирают наилучшие маршруты для информационных потоков.

Компьютеры, за которыми работают пользователи-клиенты, называются рабочими станциями, а компьютеры, являющиеся источниками ресурсов сети, предоставляемых пользователям, называются серверами. Такая структура сети получила название узловой. Инфраструктура сети Internet: магистральный уровень (система связанных высокоскоростных телекоммуникационных серверов), уровень сетей и точек доступа (крупные телекоммуникационные сети), подключенных к магистрали, уровень региональных и других сетей, ISP – интернет-провайдеры, пользователи.

К техническим ресурсам сети Интернет относятся шлюзы, компьютерные узлы, маршрутизаторы, каналы связи и др.

Главное отличие сети Internet от других сетей заключается именно в ее протоколах TCP/IP, охватывающих целое семейство протоколов взаимодействия между компьютерами сети. TCP/IP – это технология межсетевого взаимодействия.

Протокол TCP/IP – это семейство программно реализованных протоколов старшего уровня, не работающих с аппаратными прерываниями. Технически протокол TCP/IP состоит из двух частей – IP и TCP. Протокол IP (Internet Protocol – межсетевой протокол) является главным протоколом семейства, он реализует распространение информации в IP-сети и выполняется на третьем (сетевом) уровне модели ISO/OSI. Протокол TCP (Transmission Control Protocol – протокол управления передачей) работает на транспортном уровне и частично – на сеансовом уровне.

Каждый компьютер в Internet имеет уникальный адрес, называемый IP-адрес. IP-адрес имеет длину 32 бита и состоит из четырех частей по 8 бит, именуемых в соответствии с сетевой терминологией октетами (octets). Это значит, что каждая часть IP-адреса может принимать значение в пределах от 0 до 255. Когда речь идет о сетевом адресе, то обычно имеется в виду IP-адрес. С понятием IP-адреса тесно связано понятие хоста (host), под хостом понимается любое устройство, использующее протокол TCP/IP для общения с другим оборудованием. Любой IP-адрес состоит из двух частей: адреса сети (идентификатора сети, Network ID) и адреса хоста (идентификатора хоста, Host ID) в этой сети.

Кроме IP-адресов, для идентификации конкретных хостов в Сети используется так называемое доменное имя хоста (Domain host name). Так же, как и IP-адрес, это имя является уникальным для каждого компьютера (хоста), подключенного к Internet, – только здесь вместо цифровых значений адреса применяются слова. Понятие домена означает совокупность хостов Internet, объединенных по какому-то признаку.

**ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ФАКТОРЫ ВЫБОРА  
СОТОВОГО ОПЕРАТОРА  
НА ПРИМЕРЕ ГРУППЫ 10903516**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Дробыш А. А.*

Переход к информационному сообществу на современном этапе развития приводит к росту потребления услуг связи. Необходимость повышения качества и расширения спектра услуг является причиной активного использования новых технологических решений. Мобильная связь – одно из современных направлений в области связи, получившее интенсивное развитие в течении последних десятилетий. Анализ показывает, что развитие сетей мобильной связи происходит опережающими темпами по сравнению с другими сетями телекоммуникаций. Стратегией развития сетей мобильной радиосвязи являются разработка и внедрение единых международных стандартов и глобальных сетей общего пользования.

В настоящее время телекоммуникационная отрасль является наиболее быстроразвивающейся и быстрорастущей. Один из самых привлекательных сегментов телекоммуникационного рынка – это рынок мобильной связи, который активно развивается в мире в последнее десятилетие. Эта область является популярной не безосновательно.

Современное общество вряд ли можно представить без постоянного информационного обмена, который в наше время в большой степени осуществляется посредством мобильной связи. Спрос на услуги мобильных операторов в очень высок, а средний годовой доход компаний исчисляется в миллиардах рублей. Не удивительно, что рынок мобильной связи быстро заняли крупные операторы, которые освоились на нем, установили свои цены и редко допускают появление на рынке

других, менее известных, компаний-конкурентов. Таким образом, в настоящее время состоялся и укрепился зрелый рынок мобильных операторов.

В связи с этим каждый день всё большее людей различных возрастных категорий пользуются услугами операторов сотовой связи. Операторы сотовой связи помогают нам участвовать в событиях различного рода, находясь в этот момент в любом месте на планете: проводить переговоры, общаться с друзьями и родственниками. Проблема выбора подходящего оператора является актуальной для каждого человека. Для ее решения необходимы различные знания о рассматриваемых операторах, об их тарифах, зонах радио покрытия.

Таким образом, чтобы выбрать своего оператора сотовой связи и предлагаемый им тарифный план нужно определиться с важными факторами, влияющими на выбор вариантов обслуживания: размер ежемесячной абонентской платы или её отсутствие; какие звонки преобладают – входящие или исходящие; стоимость подключения к сотовой сети оператора или же оно бесплатно; тариф и размер авансового платежа за услуги городской, междугородной и международной связи; наличие, величина и способ расчёта эфирного времени, входящего в абонентскую плату (так называемых бесплатных минут); качество связи сотовой сети; наличие или отсутствие дополнительных услуг, возможность их подключения, включает ли их пакет и требуется ли дополнительная оплата за такие услуги.

Было проведено исследование выбора оператора сотовой связи на базе студентов группы 10903516 Белорусского национального технического университета инженерно-педагогического факультета. В ходе исследования мы выяснили, что наиболее распространённым оператором сотовой связи является МТС, его использует 63% процента опрошенных студентов, 20% опрошенных пользуются услугами velcom и остальные 17% используют life. 70% студентов выбрали оператора сотовой связи из-за удобного интернет-пакета и

способа расчёта эфирного времени, в то время остальные выбирали связь опираясь на другие причины, такие как – подключение друзей и родственников на ту же сеть, данного оператора выбрали родители и другие причины.

Таким образом, можно утверждать, что пользователи услуг операторов сотовой связи делятся на две категории. Абоненты, для которых важны предоставляемые пакеты оператора сотовой связи и для которых важны ценовые характеристики операторов.

УДК 378

Зайцева И. В., Карасик Д. И.

## **ДИСТАНЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБУЧЕНИИ ИНФОРМАЦИОННЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Зуенок А. Ю.*

Дистанционное обучение – это обучение с помощью технологий, позволяющих получать образование на расстоянии. В наше время дистанционное обучение проводится чаще всего при использовании Интернета.

Для дистанционного обучения характерны все присущие учебному процессу компоненты системы обучения: смысл, цели, содержание, организационные формы, средства обучения, система контроля и оценки результатов.

Дистанционное образование решает психологические проблемы учащегося, снимает временные и пространственные ограничения, проблемы удалённости от квалифицированных учебных заведений, помогает учиться людям с физическими недостатками, имеющими индивидуальные черты и неординарные особенности, расширяет коммуникативную сферу учеников и педагогов.

Дистанционное обучение от традиционных форм обучения отличают следующие характерные черты:



1. Гибкость, как возможность заниматься в удобное для себя время, в удобном месте и темпе, при этом период времени для освоения дисциплины не регламентирован.

2. Модульность, как возможность формирования учебного плана из набора независимых учебных курсов (модулей), отвечающего индивидуальным или групповым потребностям.

3. Параллельность, то есть обучение параллельно своей профессиональной деятельности без отрыва от производства.

4. Охват, как одновременное обращение ко многим источникам учебной информации (электронным библиотекам, банкам данных, базам знаний и т.д.) всех обучающихся и общение через сети связи друг с другом и с преподавателями.

5. Экономичность по эффективному использованию учебных площадей, технических средств, при этом концентрированное и унифицированное представление учебной информации и открытый доступ к ней снижает затраты на подготовку специалистов.

6. Технологичность, как использование в образовательном процессе новейших достижений информационных и телекоммуникационных технологий.

7. Социальная равноправность, как равные возможности получения образования независимо от места проживания, состояния здоровья, элитарности и материальной обеспеченности обучающегося.

8. Интернациональность путем экспорта и импорта мировых достижений на рынке образовательных услуг.

Процесс освоения новых информационно-коммуникационных технологий и эффективное их применение в учебном процессе ведет к гармоничному развитию познавательной сферы обучающегося.

Рассматривая дистанционное обучение, можно выделить формы занятий, которые наиболее подходят для обучения информационным технологиям с использованием элементов дистанционных образовательных технологий:

1. Веб-занятия – дистанционные уроки, конференции, семинары, деловые игры, лабораторные работы, практикумы и другие формы учебных занятий, проводимых с помощью средств телекоммуникаций и других возможностей «Всемирной паутины»;

2. Телеконференции – проводятся, как правило, на основе списков рассылки с использованием электронной почты. Для учебных телеконференций характерно достижение образовательных задач.

Также используя дистанционные формы обучения надо забывать о специфике развития психических процессов на разных возрастных этапах. Например, в младшем школьном возрасте познавательные процессы имеют конкретный характер – ребенок мыслит наглядными образами, задействована образная память. Так же они еще плохо владеют своим вниманием. Поэтому при подборе уроков с элементами дистанционных образовательных технологий надо учитывать наглядность материала, тогда учебная деятельность будет протекать успешно. Подростковый возраст характеризуется становлением избирательности, целенаправленности восприятия, становлением устойчивого, произвольного внимания и логической памяти, является сенситивным периодом для развития творческого мышления. Поэтому при подборе веб-занятий наибольшее внимание можно уделить проектной деятельности.

В старшем школьном возрасте происходит овладение многими научными понятиями, совершенствование умения пользоваться ими, рассуждать логически и абстрактно. Это означает зрелость теоретического или словесно-логического мышления.

Дистанционное образование ведется по индивидуальным учебным планам, благодаря чему обучающийся может задавать вопросы о тех аспектах курса, дисциплины, которые ему интересны.

У студента развиваются навыки самостоятельного поиска необходимой информации, а также привычка работать и принимать решения самостоятельно.

Дистанционное обучение помогает обойти психологические барьеры, связанные с коммуникативными качествами человека, такими как стеснительность и страх публичных выступлений. Дистанционное обучение мобильно, а значит, студент имеет доступ к актуальным материалам, становится профессионалом, который может на практике применять полученные знания.

УДК 621

Зайцева И. В., Карасик Д. И.

## **ТЕСТИРОВАНИЕ ТЕСТИРОВЩИКА**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Дробыш А. А.*

Каждая профессия требует от людей наличие в себе определенных качеств. Так и тестировщик должен обладать такими личностными качествами, благодаря которым он без проблем сможет устроиться на работу.

Итак, каковы основные качества у тестировщика?

1). Любопытство:

Это должно быть первым в списке. Тестировщик должен ставить под сомнение все, что понятно и все, что неясно. Всегда задаваться вопросом: «Что произойдет, если дважды нажать кнопку «Отправить»? Или трижды? Или что произойдет, если я нажму кнопку «Отправить», а затем нажмю клавишу «Escape»?

2). Внимание к деталям:

Это качество действительно важно. Внимание к деталям – это врожденное качество, которое помогает быстро заметить даже самую маленькую деталь. Но даже те, кто не родились с увеличительным стеклом для глаз могут развить привычку, если будут вдумываться глубже и дольше.

3). Воображение:

Воображение находится надо всем этим выше прежде всего из-за его бесконечной длины, ширины и высоты. Тестировщик не должен ограничивать свое мышление при тестировании. Он должен представить себе невообразимое – редкое и редчайшее.

#### 4). Логическое мышление:

Все фазы, такие как обсуждение требований, мозговой штурм, определение стратегии тестирования, построение тестов, отладка проблемы, репликация производственных проблем, могут иметь положительный исход, благодаря логическому мышлению. Тестировщик должен продумать свои возможности, обосновать свои шаги, подтвердить или опровергнуть, подумать о следующих шагах.

#### 5). Способность фокусироваться и анализировать:

Говоря простыми словами, это способность сосредоточиться на мелочах и заставить ум работать над мельчайшими деталями, не отвлекаясь ни на что.

Тестировщик, должен стараться не допустить, чтобы общая картина отвлекла его. Он должен попытаться разделить общую картину и рассмотреть каждую единицу по отдельности.

#### 6). Дисциплина:

Тестировщик несет ответственность за выявление текущих и будущих рисков. Поэтому ни в коем случае он не может позволить себе пропустить что-либо.

Дисциплинированные команды гораздо более успешны, потому что они с меньшей вероятностью пропускают очевидные ошибки, очевидную связь или важные шаги процесса. Дисциплинированные тестировщики в большинстве случаев имеют свой собственный план для любой задачи.

#### 7). Конструктивное общение:

Хорошая коммуникация должна начинаться с умения слушать, формирования ответа, прокручивании его в уме, выбора тона, а затем фактического его высказывания.

Для некоторых это врожденное качество, но другие должны работать над этим.

Можно говорить и об очевидных качествах: любви к работе, самоотверженности, искренности, страсти к обучению, хорошей трудовой этике и т. д., но они являются универсальными и должны быть присуще любому человеку, который устраивается на работу.

В области тестирования существует множество мифов о профессии тестировщика. Один из наиболее серьезных мифов заключается в том, что тестировщики отвечают за качество. Это не так: за качество отвечают абсолютно все, кто работает над продуктом. Тестировщики не управляют исходным кодом, каталогами, областью действия продукта, бюджетом, наймом-увольнением ответственных лиц, контрактами с клиентами и так далее. Они отвечают за выявление потенциальных угроз для качества.

Таким образом, основные задачи, стоящие перед профессионалами в области тестирования – моделировать различные, в том числе форс-мажорные ситуации, выявляя дефекты в программных системах, прогнозировать вероятные сбои, соотносить конечные результаты с начальными планами. При этом тестировщик должен обладать определенными личностными качествами, главным из которых, на мой взгляд, является любопытство.

УДК 621.762.4

Ковалевский А. Н.

## **АЛГОРИТМ ШИНГЛОВ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Дробыш А. А.*

Алгоритм шинглов (от английского shingles – гонт или драпка) – алгоритм, разработанный для нечеткого поиска дубликатов текста. Нечеткий поиск дубликатов означает что в

дубликаты возможно, как копирование всей строки, так и только отдельных словосочетаний. Данный алгоритм используется для поиска копий и дубликатов текста, например, в многочисленных онлайн сервисах по проверке уникальности текстов хотя в последнее время некоторые самые распространенные переходят на другие алгоритмы собственной разработки, а также используется поисковыми системами для противодействия поисковому спаму, исключая из результата поиска идентичные тексты.

Сам алгоритм состоит из пяти этапов: канонизация текста, разбиение на шинглы, вычисление хэшей шинглов, случайная выборка значений хэш-функций, сравнение и определение результата.

Канонизация текста – это процесс приведения текста к единой форме с помощью удаления из его вспомогательных единиц текста, а также приведения существительных в именительный падеж и единственное число, а иногда и вовсе требуется оставление лишь корневых значений. После этих манипуляций будет получен текст готовый для сравнения.

Шинглы – это упорядоченные множества слов фиксированной длины (длина измеряется в словах), на которые текст «разрезается внахлест». Соответственно, шинглы сохраняют тот же порядок слов, в котором слова следуют в тексте. Разбиение на шинглы представляет собой операцию по разделению текста на последовательности слов длиной от 3 до 10 слов в одном шингле. Главной особенностью является то, что эти последовательности слов идут внахлест, то есть каждый шингл начинается со второго слова предыдущего. Проверка шинглов с количеством менее 3 не имеет смысла, так как похожие словосочетания присутствуют в любом тексте. Количество шинглов можно рассчитать, как количество слов минус длина шинглов и плюс один. Таким образом, чем короче шингл, тем более точным будет результат проверки уникальности.

Алгоритм шинглов представляет собой сравнение случайным образом выбранных значений результатов хэш-функций двух текстов. На этом этапе шинглы вычисляются через хэш-функции, обычно используется 84 хэш-функции (например MD5, SHA1 и прочие) вычисления которых записываются в таблицу. Так весь текст будет представлен в виде двухмерного массива из 84 строк, где каждой строке будет соответствовать хэш-функция. На этапе выборки значений для повышения производительности при сравнении элементов каждого массива необходимо производить случайную выборку результатов хэш-функций для каждой строки. Также можно выбирать значения пожеланию будь то минимальные или максимальные результаты хэш-функций. И на последнем этапе алгоритма сравнивается 84 элемента первого и с соответствующими 84 элементами второго массива, рассчитывается отношение одинаковых значений и вычисляется результат.

УДК 622

Козел А. С.

## **ПОПУЛЯРНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНТЕНТОМ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Дробыш А. А.*

В наше время обзавестись собственным Интернет-ресурсом может каждый, однако не все хотят углубляться в основы вёрстки и языки программирования. На помощь данной ситуации приходят системы управления сайтами.

Система управления сайтом представляет собой информационную систему или программу для управления содержимым (контентом). В общем случае системы управления подразделяются на системы управления содержимым масштаба предприятия (Enterprise Content Management System) и системы управления веб-содержимым (Web Content Management

System). Так как ECMS имеют глубокую внутреннюю классификацию по предметным областям, под системами управления контентом подразумеваются непосредственно CMS. Данные системы обеспечивают сайт или блог удобными инструментами управления, создают необходимый профессиональный вид веб-контенту. На сегодняшний день существует множество функциональных движков. В зависимости от сложности, функций веб-ресурса выбирается оптимальная система управления.

Первое место в рейтинге CMS занимает 1С-Битрикс – функциональный движок от компании 1С, который среди платных систем управления контентом является лучшим по качеству. Разработчики предлагают не только пакетные сборки, но и готовые решения (шаблоны). Минусом данной системы является её стоимость. *Интересный факт:* сайт компании «Эльдорадо» ([www.eldorado.ru](http://www.eldorado.ru)) работает на Битриксе.

Второе место, по праву, принадлежит WordPress. Это русифицированная система на основе PHP. Предпочтение WordPress отдают начинающие разработчики, так как в ней есть WYSIWYG-редактор, что позволяет работать без знания HTML. Эта система управления контентом имеет внутреннюю поддержку, загружающую картинки, видео на страницы. Легко устанавливается. Минусом является возможность сбоев при высокой посещаемости. Около 40 тысяч новых сайтов в день создается с помощью WordPress.

Drupal – обладатель бронзы среди CMS. Несложная система на основе PHP, имеет множество модулей. Она отлично подходит для создания сайтов с принципами социальной сети, блогов, форумов. Однако человек, не знакомый с php, html и css настроить самостоятельно сайт не сможет, так как всё, за исключением самих текстов, редактировать здесь можно только в исходном коде.

Joomla – еще один лидер управления контентом. Отличается от аналогов удобством в использовании,



функциональностью. Движок Joomla позволяет работать с системами на расстоянии, что используют веб-серверы, имеет огромное количество модулей. Joomla поддерживает современные протоколы Gmail.com, OpenID, LDAP. Недостатком движка является платное расширение новыми темами и плагинами. Joomla поддерживает 64 языка, может использоваться для создания приложений с открытым исходным кодом.

Ориентируясь на лидеров, не стоит обходить стороной всевозможные аналоги, например, NetCat. NetCat – система управления сайтом, которая пользуется большой популярностью на российском рынке. Здесь можно создавать интернет-порталы, библиотеки данных, сайты СМИ, файл-архивы и прочие сложные веб-системы. Удобство данной CMS в том, что административная панель разделенная на 2 части, где может работать и пользователь и разработчик.

Бесплатный движок Cushy независим от какого-то специфического языка программирования. При работе с данными он помещает их на конкретный сервер, а разметку можно при необходимости изменять в соответствии с видом стиля.

Владельцы сайтов, которые хотят поддерживать высокие стандарты безопасности и хотят, чтобы их сайты были дружелюбны к поисковым системам, склонны использовать ContaoCMS. Живые сервисы обновлений и простота в интеграции шаблонов, форм, новостей, календарей – всё это возможно с Contao.

Многие дизайнеры отдают предпочтение TextPattern из-за простоты и визуальной привлекательности. Данный вид движка обеспечивает создание четких по структуре страниц сайта, что быстро загружаются.

SilverStripe широко используется правительственными, деловыми и некоммерческими организациями. Он предоставляет возможность для кэширования и документооборота, напоминает популярную WordPress.

DataLife Engine (DLE) является самым популярным движком для новостных ресурсов, имеет два типа контента – новости и статические страницы. Грамотно организованная структура ядра позволяет свести к минимуму требования на сервер.

Выбор Concrete5 считается одним из лучших решений при экономии времени и средств для создания сайта. Одно из самых больших преимуществ этой CMS является ее редактирование в контексте, которая похожа на MicrosoftWord.

УДК 622

Кружаева П. Л., Кульбей О. Д.

## **ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ТЕСТИРОВАНИИ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Дробыш А. А.*

Тестирование ПО – процесс исследования ПО с целью получения информации о качестве продукта. Развитие цифровых технологий не стоит на месте, активно появляются все более совершенные технологии в разработке программного обеспечения, в том числе – и в сфере тестирования. Тестирование – важный этап в жизненном цикле программного обеспечения, позволяющий сэкономить время разработчиков и сократить издержки путем оперативного предотвращения всевозможных проблем и ошибок. В целом эти перемены – внешние и внутренние – сделали область тестирования крайне переменчивой. Многое уже поменялось, и многому еще предстоит измениться. Какие преобразования следует ожидать от тестирования в будущем?

Автоматизация тестирования по-прежнему остается лучшим способом оперативно выявить дефекты, снизить количество ошибок, которое влечет за собой ручное тестирование, и ускорить выход продукта на рынок. Помимо тестирования

веб-приложений, все большую популярность набирает автоматизация тестирования мобильных приложений.

Одним из ключевых трендов автоматизации тестирования, на мой взгляд, будет предоставление комплексных решений, то есть не только самих автотестов, но и автоматизированных систем анализа результатов. Тестирование Интернета вещей (ИОТ) продолжает объединять окружающие нас предметы в систему данных, что ставит перед тестировщиками новые задачи. Чтобы получить как можно более информативные результаты по тестированию, необходимо искать нестандартные сценарии использования приложений и объектов ИОТ. Стать на некоторое время пользователем, а не просто запускать тесты на рабочем месте – вот лучшее, что может сделать тестировщик при обеспечении качества Интернета вещей.

Цифровая революция привела к возникновению многочисленных решений, которые используют большие данные (BIG DATA). Сложность состоит в том, что большие объемы данных трудно обработать традиционными способами. И здесь на помощь снова приходит автоматизация тестирования. Сочетание исследовательского тестирования и автоматизированных регрессионных проверок – наиболее эффективный способ обеспечить качество систем с большими объемами данных.

Наряду с совершенствованием традиционных услуг по тестированию, стоит обратить внимание на разработку новых услуг, направленных на удовлетворение специфических QA-запросов. Формирование внутренних центров компетенции на стороне заказчика – также одна из возможностей для расширения существующей линейки услуг.

Все популярнее становится консультирование по вопросам качества. Наиболее часто мы помогаем улучшить качество текущих процессов по тестированию или настроить их с нуля.

Самым важным аспектом при обеспечении качества IT-решений была и остается безопасность. В условиях широкого выбора IT-продуктов и быстрого Интернет-соединения цена

пропущенной уязвимости высока, как никогда. Пользователям ничего не стоит удалить приложение, которое не оправдало их ожиданий, и установить аналогичное. Будущее – за автоматизацией. Однако не следует забывать, что всегда важен баланс между ручным и автоматизированным тестированием. Даже с учетом перехода в цифровой мир, взгляд живого человека крайне важен. Безусловно, тестировщикам нужно быть открытыми для перемен и стремиться приобретать новые знания.

УДК 621.762.4

Кряжева А. С.

## **ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. пед. наук, доцент Круглик Т. М.*

Дополненная реальность – Augmented Reality (AR) – это технология, позволяющая совмещать слой виртуальной реальности с физическим окружением, а также в реальном времени при помощи гаджета соприкоснуться с миром 3D. Применение этой технологии позволяет визуализировать объекты. Это осуществляется в современных подходах к созданию печатной продукции различного рода. Очевидно, что основным источником знаний для учащихся являются учебные пособия и другие печатные издания, которые гарантированно рецензированы на предмет соответствия научно-методическим подходам, и предоставляют выверенные и соответствующие принципу научности знания. Существует ряд современных особенностей образовательного процесса, таких как: динамичность, установка на подготовку подрастающего поколения, способного к опережающему мышлению, направленность на самореализацию личности, необходимость в формировании образного мышления и прочее. Исходя из этого, можно сделать вывод, что визуальное дополнение учебной и печатной

продукции может сформировать мотивацию изучения предмета, повысить наглядность и доступность материала, сделать процесс обучения увлекательным и понятным.

Дополненная реальность в виде дополняющей информации к учебным пособиям и книгам может быть представлена снимком в виде текста, изображения, видео, звука, трехмерных объектов. С помощью специальных программ, установленных на планшетах или смартфонах, сканируются метки, чтобы потом получить дополненный контент. Очевидно, что наиболее ярко объекты с дополненной реальностью могут раскрыть содержание таких предметов как физика, химия, стереометрия, биология, география. Это происходит за счет визуального воспроизведения процессов, которые трудно или почти невозможно воссоздать средствами реального мира. Для реализации технологии дополненной реальности на уроках предполагается использовать смартфоны при демонстрации учащимся принципов устройства мира с помощью Google Earth и веб-альбомов типа Picasa и Instagram. На уроках литературы и истории дополнительная реальность позволяет добавить к статичному тексту книги анимацию и видеотрегменты. Очевидно, что при использовании этой технологии можно столкнуться с рядом проблем. Так, при наличии ряда приложений-помощников для создания дополнительной реальности, обработка изображений требует серьезных вычислительных мощностей и устройств с высокими техническими характеристиками. К серьезным недочетам имеющихся приложений можно отнести отсутствие русскоязычного интерфейса, плохую распознаваемость контрольных точек дополненной реальности и пр.

В настоящее время технология дополнительной реальности используется редко, однако не вызывает сомнений, что в скором будущем она найдет свое применение в деле создания информационной образовательной среды.

**КРИПТОВАЛЮТЫ: БЛОКЧЕЙН***БНТУ, Минск**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Дробыш А. А.*

Начавшийся 2018-й год пока приносит большинству инвесторов на рынке криптовалют только негативные настроения. Торговавшийся в середине декабря по 20 тысяч долларов Bitcoin к концу января оказался вдвое дешевле. Отрицательная динамика цены наблюдается и по многим другим криптовалютам. Назвать единственную причину подобного явления невозможно, так как она носит комплексный характер. Не секрет, что криптовалютный рынок пока не может похвастаться стабильностью, поэтому на него оказывают воздействие любые новости, будь они положительные или отрицательные.

Падение аналитики объяснили тем, что ряд площадок по торговле криптовалютами и платформ для их обмена ушли в офлайн из-за технических проблем. Сбой коснулся крупнейшей в США криптобиржи Coinbase, количество зарегистрированных пользователей которой превышает 12 млн человек, а также ее профессиональной трейдинговой платформы GDAX. Перестали работать площадки Gemini и Bitstamp.

Резкое падение стоимости биткоина обусловлено вводными ограничениями со стороны стран и институциональных организаций. В данном случае – Китая, который запретил майнинг биткоинов в стране, а также работу иностранных криптовалютных бирж.

Так же ударом по биткоину стал запрет американских и британских банков на покупку криптовалют по кредитным картам (Bank of America, JPMorgan, Citigroup, Lloyds Banking Group). Есть опасения, что волатильность курса повернётся против клиента и не позволит ему погасить свои обязательства перед банком.

Однако очевидно, что эти события стали лишь катализатором падения. В качестве примера можно привести ажиотаж 2013 года, когда биткоин точно так же за короткий период времени вырос почти в 10 раз со 130 до 1150 долларов и вскоре рухнул. Поэтому такие колебания сопровождали и будут сопровождать криптовалютный рынок ещё на протяжении нескольких лет, пока он не достигнет зрелости. Однако важно, что подобные обвалы не ставят под вопрос существование самой отрасли и перспективы блокчейн-технологий.

Сам термин Blockchain частично характеризует его задачи и назначение. Часть «Block» – это блоки, «chain» – это «цепочка». Получается, что Blockchain – это цепочка блоков, в которой выдерживается строгая последовательность. Существует два вида цепочки:

1. Публичный Blockchain – открытая, дополняемая база данных. Такой вид блокчейна используется в криптовалюте Bitcoin. Каждый участник может записывать и читать данные.

2. Приватный или частный блокчейн имеет ограничения по записи или чтению данных. Могут устанавливаться приоритетные узлы. Подвид Private Blockchain – эксклюзивный блокчейн. В такой цепочке устанавливается группа лиц, занимающаяся обработкой транзакций.

Что это за блоки? Блоки – это данные о транзакциях, сделках и контрактах внутри системы, представленные в криптографической форме. Изначально блокчейн был (и остается до сих пор) основой криптовалюты Bitcoin. Все блоки выстроены в цепочку, то есть связаны между собой. Для записи нового блока, необходимо последовательное считывание информации о старых блоках.

Все данные в блокчейн накапливаются и формируют постоянно дополняемую базу данных. С этой базы данных невозможно ничего удалить или провести замену или подмену блока. И она «безгранична» – туда может быть записано бес-

конечное количество транзакций. Это одна из главных особенностей блокчейна.

Все операции проводятся между субъектами напрямую. А осуществляются они за счет того, что все участники подключены к одной сети – Blockchain. Процесс шифрования, известный как хеширование, выполняется большим количеством разных компьютеров, работающих в одной сети. Если в результате их расчетов все они получают одинаковый результат, то блоку присваивается уникальная цифровая сигнатура (подпись). Как только реестр будет обновлён и образован новый блок, он уже больше не может быть изменён. Таким образом подделать его невозможно. К нему можно только добавлять новые записи. Важно учесть то, что реестр обновляется на всех компьютерах в сети одновременно. Таким образом, можно сказать, что без блокчейна не было бы и криптовалют.

УДК 373.5.016:004

Матюшёнок А.А.

## **МЕТОД ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ИНФОРМАТИКЕ**

*МГУ имени А.А. Кулешова, г. Могилёв*

*Научный руководитель: канд. физ.-мат. наук Марченко И.В.*

В данной работе излагается метод предварительных вычислений данных для улучшения асимптотики решений задач в области структур данных и теории чисел.

Рассмотрим на примерах сравнение метода полного перебора и метода генерации объектов.

Довольно часто в олимпиадной практике встречается следующий тип задач: задана произвольная функция  $f(x)$ , определенная в целочисленных значениях. Требуется определить количество решений уравнения  $f(x) = k$  на отрезке  $[a, b]$ .

Традиционный метод решения таких задач сводится к последовательному вычислению значений  $f(x)$  при  $\forall x \in [a, b]$ ,



и если  $f(x) = k$ , то значение переменной, отвечающей за подсчёт элементов, увеличивается на 1.

### Задача «Красивые числа»

Число называется красивым, если сумма его цифр в десятичной системе счисления делится на количество цифр в нём. Требуется найти количество красивых чисел, не превышающих число  $N$  ( $N \leq 10^5$ ).

Решение. Пусть  $A = \overline{a_1 a_2 \dots a_k}$ , тогда  $G(A) = \sum_{i=1}^k a_i$  и

$$f(a) = \begin{cases} 1, & \text{если } G(a) \bmod k = 0, \\ 0, & \text{если } G(a) \bmod k \neq 0. \end{cases}$$

Фрагмент кода, который находит значение  $G(x)$  и число  $k$  :

```
s:=0;
```

```
k:=0;
```

```
while a > 0 do
```

```
begin
```

```
s:= s + a mod 10;
```

```
a:= a div 10;
```

```
k:= k + 1;
```

```
end;
```

При решении задачи возможны следующие ошибки учащихся:

1. Зацикливание из-за бесконечного деления числа 0 на 10, если в условии цикла заменить строгое неравенство  $a > 0$  на нестрогое  $a \geq 0$ .

2. Значения переменных  $s$  и  $k$  в конце программы будут случайными числами, если не обнулить их в начале.

Итоговая асимптоматика решения:  $N * \text{Length}(M)$ , где  $N$  – длина отрезка,  $\text{Length}(M)$  – длина (количество цифр) максимального числа.

Однако существуют примеры задач, где стандартное решение неприменимо в силу того, что оно работает очень медленно, если длина отрезка, на котором необходимо вести поиск, достаточно велика (больше, чем  $10^7$ ), а количество искомым элементов – относительно невелико (меньше, чем  $10^5$ ).

### Задача «2-3 числа»

Целое положительное число называется 2-3 -числом, если имеет вид  $2^x \times 3^y$  для некоторых неотрицательных чисел  $x$  и  $y$ , т.е. если среди простых делителей числа имеются только числа 2 и 3. Выведите количество 2-3-чисел на отрезке  $[L, R]$ .

Ограничения:  $1 \leq L \leq R \leq 10^9$ . Время исполнения – 1 секунда.

Решение. Значения функции  $F(x)$  явно определено в условии задачи и

$$F(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } x = 2^a * 3^b; a, b \in \mathbb{Z}, \\ 0, & \text{если } x \neq 2^a * 3^b; a, b \in \mathbb{Z}. \end{cases}$$

В данном случае стандартный алгоритм даёт верный результат, но не укладывается в лимит времени.

Для получения полного решения заметим, что чисел до  $10^9$ , являющимися степенью двойки, всего 29, т.к.  $2^{30} = 1073741824$ . Количество чисел, являющимися степенью тройки – всего 18, т.к.  $3^{19} = 1162261467$ , а любое 2-3-число есть произведение соответствующих степеней 2 и 3, то есть количество таких чисел не превышает  $29 \times 19 = 551$ . Поэтому необходимо сгенерировать два массива степеней, а затем последовательно перемножить каждый элемент с каждым.

После выполнения данных операций у нас имеются все необходимые числа в диапазоне  $[1..10^9]$  и задача сводится к тому, чтобы за один проход по массиву определить те, которые лежат во введённом отрезке.

Данный метод имеет сложность  $30 * 20 * 2 = 1200$  операций и программа выполняется за  $1200 / 10^8 \approx 0.00001$  сек. Итоговая асимптотика:  $\log_2 N \times \log_3 N$ , где  $N$  – длина отрезка.

**СОВРЕМЕННЫЕ АНТИПАТТЕРНЫ***БНТУ, г. Минск**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Дробыш А. А.*

В настоящее время, в эпоху информационного общества, а также повсеместного внедрения программного обеспечения, все больше внимание отводится процессу программирования и собственно разработчикам. В процессе создания новых приложений очень часто программисты используют определенные шаблоны, которые были придуманы до них, и лишь в нужном русле их применяют (копируют). Так вот данные шаблоны называются паттерны. Однако, существуют примеры неудачного применения данных шаблонов и тогда паттерн переходит в состояние анти-паттерна, то есть шаблон ошибки, который часто встречаются при достижении поставленной цели. И задача любого программиста избегать данных ошибок при разработке ПО. Давайте рассмотрим несколько наиболее распространенных примеров данных анти-паттернов.

Во-первых, Copy and Paste Programming (программирование копированием и вставкой). Обычно при решении нескольких однотипных задач программист использует определенные заготовки или примеры уже решенных задач и просто путем обычного копирования и вставки пытается их решить. Однако, существует несколько сложностей и опасностей, которые могут подстергать его:

Проблема 1 – при бездумном копировании кода возможны варианты, когда программист забывает внести определенные изменения под свой исходных код, под свою задачу, и тогда, это может приводить к неверному результату или неработоспособности всего кода.

Проблема 2 – часто программист не проверяет работоспособность копируемого кода и не догадывается о возможных

ошибках и багах в нем. Вследствие чего программисту потом приходится часами сидеть и разбираться в том, что он скопировал для того, чтобы решить проблему или просто приходится самому набирать заново этот участок кода.

Почему же программисты используют бездумное копирование? Основная причина – это отсутствие опыта и нежелание разбираться в процессе решения задачи.

Во-вторых, Spaghetti code (Спагетти-код). Это пример многократного использования копирования и вставки, а также запутанного и слабо разбираемого кода, который может содержать огромное количество ненужного строк и объектов, никакого отношения к решению поставленной задачи не имеющих. Причинами получения спагетти-кода являются:

- Недостаток опыта в разработке программного обеспечения;
- Удаленная работа нескольких программистов;
- Нежелание разбираться в том участке кода, который был скопирован из других источников.

Полученный код может представлять собой разветвление самых разнообразных циклов и подпрограмм, которые в последствии не разберет даже сам разработчик. Как же решить данную проблему? Переписать программу или сесть и хорошенько подумать, что Вам надо для решения поставленной цели, а что нет, иначе данное «спагетти» будет преследовать Вас на протяжении всей вашей карьеры.

В-третьих, Golden hammer (Золотой молоток). Это применение одного решения как универсального средства для решения всех задач. Обычно данное мышление присуще начинающим программистам, которые знают один алгоритм решения и придерживаются его в любом случаи, какая бы задача перед ним не стояла. Причина проявления данного антипаттерна – это некомпетентность или недостаточные знания программиста в данной области. Как решить данную проблему? Необходимо осознавать, что для любой задачи существует ее особенное оптимальное решение, потому что в большин-

стве случае «универсальный код» очень громоздок и разветвлен и требует много ресурсов для реализации.

Следующий анти-паттерн – Magic numbers (Магические числа). Это использование в коде констант, значение которых не указано в комментариях и не несет явного влияния на процесс работы программы. Данные числа усложняют процесс понимания программы и собственно сам код. Иногда программисту просто лень писать несколько десятков строчек в коде программы, и он задает какой-то переменной числовое значение, которое потом постоянно вызывает, но если данный код попадет в руки другому человеку не факт, что он сможет разобраться с этим «числом». Да и сам разработчик через некоторое время может не помнить, зачем он вообще вводил эту константу. Как же не допускать этого? Для этого необходимо еще в начале программы задавать все константы, необходимые для работы программы.

И еще один популярный анти-паттерн, Reinventing the wheel (Повторное изобретение колеса). Данный анти-паттерн говорит о том, что разработчик придумывает свое собственное решение для задачи, для которой уже существует решение, при этом существующее решение является более оптимальным, чем то, что придумал программист. В большинстве случаев это приводит к потере времени и все равно в последующем к замене своего придуманного решения на ранее известное и оптимальное. Для избегания данного анти-паттерна необходимо увеличивать свои знания при работе с определенными типами задачи.

И последний популярный анти-паттерн – это бездумное комментирование. Суть его заключается в том, что программист добавляет комментарии, где это нужно и не нужно и иногда количество комментариев превосходит размер кода программы. Данный инструмент необходимо использовать для пояснения сложных для понимания моментов в програм-

ме, а не для диалога с пользователем или другим разработчиком, который будет потом использовать этот код.

Итак, анти-паттерны – это то, через что, наверное, проходит каждый разработчик, но некоторые проходят этот этап, усваивают то, что их надо обходить стороной, и продолжают свой путь к вершинам программирования. Для того, чтобы избегать использование анти-паттернов в своей работе необходимо усвоить несколько простых правил: увеличивать кругозор знаний в тех языках программирования, на которых работаете; использовать принцип «Поспешись – людей насмешись»; при использовании кода, разработанного до Вас, понимать его смысл и каждую операцию в нем, а не просто бездумно вставлять его, просто потому, что он работает, а Ваш – нет. При усвоении этих правил программист будет огражден от большинства анти-паттернов и данная проблема не будет портить его жизнь.

УДК 621.762.4

Руйчева А. П.

## **ИНВЕСТИЦИИ В ДРАГОЦЕННЫЕ МЕТАЛЛЫ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Дробыш А. А.*

У каждого человека, владеющего свободным денежным капиталом, возникает вопрос: куда и как инвестировать финансовое состояние в часы экономической нестабильности, получив приумножение денег и обеспечив им сохранность.

В сегодняшние дни во всех информационных источниках: газетах, журналах, радио, телевидении, Всемирной Сети – обилие рекламных сообщений с разнообразными предложениями для частных вложений. К сожалению, предложенная информация крайне противоречива, и ее недостаточно для принятия решения. Ни один из вариантов вложений не исключает риски и не гарантирует высокую доходность.

Достаточно часто можно столкнуться с мнением, что золото – вечная ценность, которая всегда растет в цене. Если обратиться к фактам, то можно увидеть, что цены на золото достигли максимума в 2011 году, когда за унцию давали более 1900 долларов. Уже в течение шести лет золото стоит значительно ниже. А в 80-х годах прошлого века за ценный металл предлагали около 800 долларов – если учесть инфляцию, то это больше, чем показатели шестилетней давности. Выходит, что те, кто покупал золото почти 40 лет назад, до сих пор в минусе и не окупили вложения. Это подтверждение того, что золото растет отнюдь не всегда.

Сегодня многие банки Беларуси реализуют слитки таких драгоценных металлов, как золото, серебро и платина. Приобрести их могут и физические, и юридические лица.

Золотые слитки продаются номиналом от 1 до 1000 г, серебряные – от 10 до 1000 г, платиновые – от 1 до 500 г. Цена слитка в различных банках, а также в отдельных структурных подразделениях одного и того же банка может отличаться. Некоторые банки могут, например, продавать слитки из серебра, но не покупать их. Так, за слиток золота весом 10 г банки предлагают от 850 до 855 рублей, в то время как купить такой же слиток у банка можно за 887 – 888 рублей.

Вместе со слитком покупатель получает сертификат, в котором указываются: наименование и проба драгоценного металла, номер, масса, сведения о банке и заводе – изготовителе слитка. Эти же данные дублируются и на самом слитке. В случае утери сертификата или физической порчи слитка могут возникнуть проблемы с его последующей продажей. Стоимость такого слитка будет несколько ниже. Помимо прочего, может потребоваться дополнительная экспертиза, оплачивать которую придется владельцу драгметалла.

Поэтому во избежание физической порчи или хищения владельцу слитка необходимо позаботиться о соответствующих условиях его хранения. Один из самых надежных и безопасных

способов – размещение в банковской ячейке. Данная услуга оплачивается дополнительно, однако окупаема лишь при больших вложениях. Большим плюсом инвестиций в золото и иные металлы является то, их можно подарить, предоставить в качестве залогового обеспечения или передать по наследству.

Кроме того, сегодня в Беларуси можно открыть обезличенный металлический счет. Суть этой услуги заключается в приобретении у банка обезличенного металла за наличные денежные средства либо путем списания средств с текущего или вкладного счета. По сути, физически данного металла не существует, следовательно, никаких слитков клиенту на руки не выдают. Как и при покупке драгметаллов, доходность подобных вложений зависит от изменения цен на металл, в котором открыт счет. Сведение к минимуму рисков возможно, направив в слитки до 10 % капитала. Однако это целесообразно только в том случае, если речь идет о долгосрочных вложениях. В краткосрочной перспективе велика вероятность того, что вложения в золото принесут убыток, поскольку разница между стоимостью покупки и продажи слитков довольно велика.

УДК 621

Санцевич С. Н.

## **ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ТЕСТИРОВАНИИ ПО**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Дробыш А. А.*

Технологии постепенно поглощают всё больше сфер деятельности, на очереди тестирование программного обеспечения. На данный момент в мире существует тенденция, согласно которой человечество охотно использует повсеместную автоматизацию и при появлении подходящих инструментов люди передали бы большую часть тест-дизайна и валидации тестов в руки искусственного интеллекта (ИИ).



Вместо того чтобы вручную настраивать автоматизированное тестирование, машины будут сами разрабатывать и выполнять тесты, постоянно совершенствуясь во время взаимодействия с людьми. Это означает, что в перспективе каждая команда разработки будет иметь доступ к виртуальной команде тестировщиков с более развитым интеллектом, скоростью работы и уровнем охвата, чем даже самые высокооплачиваемые команды разработки могут получить сегодня.

Если рассматривать классический подход к автоматизации тестирования, то поддержка тестов является фактором, дополнительно повышающим её стоимость: чем больше тестов – тем трудозатратнее и дороже становится их поддержка. Зачастую выходит так, что большинство усилий автоматизации быстро превращается в чистое техническое обслуживание, с небольшим количеством изменений по дополнительному покрытию. Боты ИИ развиваются и после изменений в коде. Поскольку боты не жестко закодированы, они адаптируются и сами учатся находить новые функции приложения. Когда ИИ находит изменения, он автоматически оценивает их, чтобы определить, что это: новый функционал или дефекты нового релиза. Таким образом, жестко-закодированные тестовые скрипты являются хрупкими и требуют ручной доработки после каждого изменения в коде приложения, а ИИ ботов самостоятельно развивается после изменения кода. К тому же, на примере парадигмы Agile-разработки, тестирование имеет слишком большие издержки. Процесс разработки во многих компаниях сильно тормозится из-за отставания на этапе тестирования и обеспечения качества.

Применение ИИ и машинного обучения позволяет устранять человеческие ошибки и повысить прозрачность всех этапов создания ПО. При этом искусственный интеллект проводит тестирование не только быстрее, но и качественнее. Контролируемые ИИ системы на практике показывают более высокий процент качества тестовых кейсов.

Иначе говоря, автоматизация – это лучший вариант для проведения простых повторяющихся тестов. При этом ИИ-тестирование лучше выявляет и предсказывает типичные проблемы, выявленные в ходе такого анализа.

На данный момент многие крупные предприятия активно интересуются и реализуют методы машинного обучения и искусственного интеллекта в процессе тестирования своего ПО. Однако в этой тенденции есть и неприятный нюанс: большинство из них ограничиваются автоматизацией лишь малой части своих тестовых мероприятий, что значительно снижает эффективность таких инноваций. Те компании, для которых качество и скорость разработки программного обеспечения играет ключевую роль, с каждым днём всё активнее интегрируют в схему своей работы методы автоматического тестирования.

УДК 621

Санцевич С. Н.

## **РИГГИНГ И СКИННИНГ В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Ражнова А. В.*

В настоящее время технологии развиваются каждый день и компьютерная графика не исключение. В процессе создания трёхмерных мультипликаций, разработки 3D-игр с персонажами, неотъемлемой частью является создание самого персонажа.

В трёхмерной анимации различные персонажи – это зачастую полигональные объекты, состоящие из так называемых полигонов (многоугольников), у каждого из которых есть вершины, называемые вертексами (англ. *vertex*). Чтобы, например, согнуть руку персонажу, нужно передвинуть вертексы руки в определённое место, но сделать это так, чтобы между начальным и конечным положением они переместились по определенной траектории, создавая ощущение враще-

ния вокруг анатомического сустава. Для этого используются кости. Они обычно имитируют повороты реальных костей, положение каждого вертекса зависит от положения определенных костей, причем на один вертекс может действовать сразу несколько из них. В одном персонаже в зависимости от сложности требуемых движений может быть от 20 до 100 и более костей и влиятелей (любые другие элементы, выполняющие роль, аналогичную костям, но находящиеся в другой категории и управляющиеся иначе).

Итак, риггинг – это процесс подготовки персонажа к анимации, включающий создание и размещение внутри трёхмерной модели рига (от англ. *Rig* – оснастка), виртуального «скелета» – набора «костей» или «суставов» (англ. *bones, joints*), установления иерархической зависимости между ними и значений возможных трансформаций для каждой из этих костей. Скелетная анимация, для которой и применяется риггинг (а с ним и скиннинг) удобна прежде всего тем, что позволяет манипулировать большим количеством составных элементов анимируемой фигуры (конечности, глаза, мышцы лица, губы и т.д.) с помощью относительно малого количества управляющих элементов – тех самых костей и их регулируемых характеристик.

С риггингом напрямую связан процесс скиннинга (от англ. *skin* – кожа) – назначения связей между участками поверхности уже самой анимируемой фигуры и костями рига. Иными словами, необходимо, чтобы кость, соответствующая крайней фаланге пальца, влияла только на нужную группу вершин на поверхности анимированную 3D фигуры, и чтобы не получилось, чтобы изменение положения этой фаланги приводило к загибанию всей руки персонажа в рогалик.

У этого процесса немало своих подводных камней. Например, необходимо точное определение, какая группа вершин подвергается воздействию трансформаций отдельных костей, чтобы не зацепить ненароком другие; на какие группы вершин подвергаются воздействиям более чем одной кости и так далее. В сущно-

сти, риггинг и скиннинг – это отдельные профессиональные области компьютерной графики, которые могут изучаться при подготовке разработчиков игр, аниматоров, композёров и др.

УДК 621

Санцевич С. Н.

## ТЕХНОЛОГИЯ CSS-IN-JS

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Астанчик Н. И.*

Некоторые Web-разработчики считают, что технология CSS-in-JS появилась несколько лет назад. На самом же деле, этой технологии уже более 20-ти лет. CSS-in-JS был разработан в 1996 году, но его закрыли в пользу CSS2.

В то время сфера информационных технологий постоянно расширяла своё влияние на другие сферы деятельности. С течением времени увеличились как спрос на приложения, так и предъявляемые к ним требования, вследствие этого увеличился и объём кода в разрабатываемых приложениях. Для того, чтобы сократить количество программного кода, некоторые программисты вернулись к использованию технологии CSS-in-JS.

CSS-in-JS даёт разработчикам наибольший уровень абстракции, нежели статический CSS, поэтому разработчик практически всегда сможет обойти ошибки или проблемы, которые могут возникать в браузерах.

С помощью встроенных стилей можно получить все программные возможности JavaScript, что дает преимущества в виде предварительного процессора CSS (переменные, примеси и функции), а также помогает решить множество проблем, возникающих в CSS, таких как конфликт пространства имен и применения стилей.

Также одной из особенностей CSS-in-JS являются стили, которые контролируются данными. Существует несколько видов таких стилей: стили, которые базируются на состоянии (состоя-

нием может быть любая пользовательская настройка); стили, которые базируются на постоянно изменяющихся данных.

Один из способов генерации CSS в runtime (во время выполнения) с помощью JS – это CSSOM. CSSOM представляет собой объектную модель для языка CSS. Такой способ генерации CSS с помощью JavaScript является настолько быстрым, что какого бы масштаба не было приложение, скорость его выполнения никогда не будет замедляться (конечно, могут быть и другие причины, негативно влияющие на скорость выполнения приложения).

CSS-in-JS обладает удобствами разработки: нет необходимости в поддержке множества CSS-файлов. так как CSS-in-JS делает логику CSS абстракцией уровня компонента, а не уровня документа (используя принцип модульности); программный код легко интегрируется в любые приложения, так как он содержится только в .js файлах.

CSS-in-JS позволяет обмениваться одними и теми же компонентами между различными приложениями. Эти компоненты также можно конфигурировать в runtime.

Не смотря на наличие недостатков (необходимость научиться использовать данный подход; затраты времени для понимания программного кода) все же при разработке приложений целесообразно использовать технологию CSS-in-JS.

УДК 621

Солоневич О. Н.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАГЛУШЕК ПРИ ТЕСТИРОВАНИИ ПРОГРАММ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Дробыш А. А.*

Заглушки необходимы при изменении состава интегрируемых модулей. Они могут заменить модули, которые вызываются тестируемым модулем. Заглушка может выполнять минимальную обработку данных, имитирует прием и возврат данных. Но ис-

пользование заглушек приводит к дополнительны затратам, так как они не поставляются с конечным программным продуктом.

Рассмотрим виды заглушек при нисходящем проектировании. В нисходящем проектировании процесс интегративного тестирования движется следом за разработкой. Сначала тестируют самый верхний управляемый уровень системы без модулей более низкого тестирования, затем более низкие. Поэтому при разработке модулей верхних уровней системы, вместо ненаписанных нижних уровней системы можно использовать заглушки.

Существует 4 вида заглушек:

1. Заглушка-флажок. Считается одним из самых простых типов заглушки. При передаче ей управления просто выводит сообщение о том, что это управление ею получено.

2. Заглушка-константа. Присваивает всем входным и входно-выходным параметрам некоторые постоянные значения.

3. Заглушка-переменная. Присваивает входным и входно-выходным параметрам допустимые спецификацией значения, различающиеся от вызова к вызову. Может перебирать по циклу некоторый фиксированный набор значений или генерировать случайные значения.

4. Заглушка-контролер. Проверяет входные параметры на допустимое значение и выдает сообщение об ошибке или возвращает соответствующий код завершения.

Все виды заглушек можно комбинировать друг с другом.

УДК 621

Солоневич О. Н., Карасик Д. И.

## **РЕДАКТОРЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ОБУЧАЮЩИХ РОЛИКОВ И КОРОТКИХ АНИМАЦИЙ**

*БНТУ, Минск*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Ражнова А. В.*

При создании обучающих роликов и видео используются различные редакторы. К ним можно отнести:

PowToon – предназначен для создания анимированных презентаций, которые можно сохранить как видеоролик или как файл со слайдами для Power Point. Сервис англоязычный, но для работы с ним достаточно среднего уровня знания этого языка. PowToon умеет создавать презентации для продаж, видео для целевых страниц, образовательные ролики, демонстрационные версии продуктов, инструкции, медиа-клипы.

Создание презентации можно разделить на 4 этапа:

1. Выбор формата. Доступны: инфографика, комиксы, рисованная черно-белая графика или презентация в деловом стиле.

2. Выбор шаблона. Для каждого из форматов предлагается несколько заготовок из 5-6 слайдов, для которых, в свою очередь, подготовлено по несколько вариантов дизайна. Если вас не устраивают предложенные шаблоны, то на следующем этапе их можно отредактировать.

3. Редактирование. Редактор имеет большой функционал. На каждом слайде можно менять фон, графику, шрифты, музыку, визуальные эффекты и т.д.

4. Сохранение. Готовую презентацию можно сохранить в виде PDF файла, презентации Power Point или видеоролика в формате MP4. Материалы можно размещать в социальных сетях или других сервисах.

Sparkol VideoScribe – программа для создания рисованного видео. С помощью этого редактора можно быстро создавать анимационные ролики, которые потом можно размещать в любых социальных сетях и видео-хостингах. Отличие Sparkol VideoScribe от других анимационных программ в том, что для создания роликов не потребуется умения рисовать или каких-либо других технических навыков.

Интерфейс программы простой. Инструментов для создания видео не очень много, но их достаточно для работы с программой. В начале создания видеоролика перед вами будет представлен пустой холст, на который будете добавлять эле-

менты. Цвет хоста можно изменить. Основными элементами редактора являются картинки и надписи. В качестве картинок в программе используются векторные изображения в формате SVG. В VideoScribe имеется набор готовых SVG-изображений по самым разным тематикам, которые разгруппированы по папкам. Так же имеется возможность вставки собственных SVG-изображений. Одновременно можно работать с надписями. В редакторе предусмотрен только один шрифт Basic, который не имеет русских символов. Но эта проблема легко решается, просто необходимо в редактор установить любой шрифт с поддержкой русских символов. Параметры изображений и надписей можно изменять. В видеоролик можно добавить мелодию или звук. При сохранении видео можно настроить частоту кадров (это влияет на размер файла) и его расширение.

Рассмотренные программы просты в использовании. Видеоролики получаются качественными и их размер не требует большого объема памяти. Недостатком обеих программ является то, что они поддерживают небольшое количество шрифтов. Достоинством программ является то, что они предлагают уже готовый шаблон видео или анимации, вам остается только изменить некоторые параметры при необходимости и добавить свои изображения, надписи и звуки.

УДК 621.762.4

Хаустович Е. Н.

## **НОВЫЕ ПРОФЕССИИ В ИТ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Дробыш А. А.*

Потребности человечества при создании информационных систем выходят на новый уровень. Еще несколько лет назад было достаточно уметь в принципе создавать любую информационную систему, действующую с наименьшим числом



ошибок и позволяющую автоматизировать единичные процессы деятельности человека. Но уже сейчас разумные информационные системы способны с помощью совершенных алгоритмов заменить собой практически любую деятельность человека.

Технический прогресс не стоит на месте: сегодня ни одно крупное предприятие не может обойтись без специалистов в области информационных технологий (ИТ). Да и рынок ИТ-профессий сегодня представлен большим количеством специалистов.

Специалистов «Айтишников» можно условно разделить на несколько категорий: разработка; дизайн; менеджмент; seo-optimizer; контент; техподдержка; аналитика.

Топ-5 перспективных и набирающих популярность профессий в ИТ, согласно исследованиям HeadHunter (Российская компания интернет-рекрутмента, развивающая бизнес в России, Украине, Белоруссии, Казахстане; качественная база резюме и вакансий и современные сервисы для поиска работы и персонала) возглавляют по убывающей: специалисты Big Data (это различные инструменты, подходы и методы обработки как структурированных, так и неструктурированных данных для того, чтобы их использовать для конкретных задач и целей), web-аналитики, разработчики мобильных игр, облачных решений и дизайнеры инфографики.

Среди профессий-новинок можно также выделить:

- тестировщики, специалисты по безопасности электронных данных, бизнес-аналитики;
- специалисты по установке, обслуживанию, ремонту универсальных роботов;
- дизайнер продукции для 3D-принтера и объектов виртуальной реальности;
- инженеры в области нанотехнологий и биотехнологий;
- блогеры и фрилансеры.

Остановимся на некоторых профессиях подробнее.

**Бизнес-аналитик.** Главная задача бизнес-аналитика – детальное изучение структуры компании, поиск проблем и оп-

тимальных путей их решения. Чаще всего бизнес-аналитики анализируют финансовую деятельность организации, разрабатывают новую или улучшают старую бизнес-модель, оптимизируют процесс работы и всеми силами стремятся увеличить прибыль компании. Бизнес-аналитик – это творческое лицо команды, ведь именно он передает требования клиента разработчикам и оформляет их должным образом.

Требования, предъявляемые бизнес-аналитику:

- умение работать в команде;
- знание достаточно большого количества ПО;
- знание методологии разработки программных продуктов;
- активность и желание развиваться;
- английский язык.

**Информационный дизайнер.** Инфографика – это работа отдельного специалиста, который ведет сбор информации, ее анализ, ищет смысл в миллионах гигабайтов данных, а затем пытается визуализировать готовый результат. Причем итог должен не только быть понятен массовым читателям, но и выглядеть презентабельно. Инфографика – это картинка, прилипшая к вашему глазу.

**Тестировщик.** Тестировщик – это специалист, который занимается тестированием программного обеспечения (ПО) с целью выявления ошибок в его работе и их последующего исправления.

Главные должностные обязанности тестировщика:

- контроль качества разрабатываемых продуктов;
- выявление и анализ ошибок и проблем, возникающих у пользователей при работе с программными продуктами;
- разработка автотестов и их регулярный прогон;
- разработка сценариев тестирования;
- документирование найденных дефектов.

Рынок IT-специалистов очень «горяч», но только для тех, у кого правильные навыки. Если вы хотите поймать волну, слушайте, что говорят про самые перспективные профессии, читайте новости, пользуйтесь полезной информацией и следите за трендами.

## СЕКЦИЯ «СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ»

УДК 621.762.4

Асцилене Д. Л.

### КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ

*ЧПТУ «Новодворский инструментальный завод», г. Минск  
Научный руководитель: ст. преподаватель Бабук В. В.*

Контроль качества защитно-декоративных покрытий включает осмотр внешнего вида покрытий, определение их толщины и пористости, механических свойств, защитной способности, специальных свойств покрытий.

Контроль внешнего вида покрытий производится с целью выявления таких дефектов, как шероховатость, точечная пористость, “подгар”, отслаивание, механические повреждения, неоднородность оттенка, плохое качество полирования, травмированная поверхность. Эти дефекты выявляются путем визуального осмотра деталей.

Контроль толщины покрытий может производиться такими методами, как метод непосредственных измерений (определяют линейные размеры изделий до и после нанесения покрытия), весовой метод (взвешивание), химический метод (растворение покрытия), физический метод.

Контроль пористости покрытия производится тремя методами: коррозионные методы измерения пористости покрытий, метод нанесения на покрытие пасты, метод наложения фильтровальной бумаги.

Контроль адгезии покрытия осуществляют такими методами, как метод крацевания (поверхность покрытия крацуют не менее 15 с), метод навивки (проволоку диаметром < 1 мм навивают на стержень утроенного диаметра), метод полирования (поверхность покрытия полируют не менее 15 с), метод нанесения сетки царапин (на поверхность контролируемого

покрытия стальным острием наносят 4 – 6 параллельных линий, доходящих до основного металла, на расстоянии 2,0 – 2,5мм друг от друга и 4 – 6 параллельных линий, расположенных перпендикулярно первым). Адгезия металлического покрытия к материалу детали оценивается количественно изменением усилия, необходимого для отслаивания покрытия.

Для измерения блеска пользуются фотометрами.

Контроль шероховатости поверхностей осуществляется качественным методом (визуальное сопоставление обработанной поверхности с эталоном невооруженным глазом или под микроскопом, а также по ощущениям при ощупывании рукой), количественным методом (измерение микронеровностей поверхности с помощью приборов: профилографов и профилометров).

УДК 621.762.4

Асцилене Д. Л.

## **ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К МАТЕРИАЛУ ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНОГО ПОКРЫТИЯ**

*ЧПТУ «Новодворский инструментальный завод», г. Минск*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Бабук В. В.*

Качество декоративно-защитных покрытий целиком и полностью определяется качеством поверхности заготовок (шероховатость, фактура и т. д.), качеством подготовки поверхности заготовок (наличие загрязнений, наличие окисных плёнок, степенью активации поверхности ионным травлением), культурой производства.

Главным представителем покрытий указанного класса является нитрид титана.

Особенностью является то, что титан является коррозионно-стойким, обладает высокой защитной способностью, уникальными физико-химическими свойствами и достаточной технологичностью. Известно, что титан является одним из наиболее химически активных металлов, однако в обычных

условиях на воздухе он переходит в пассивное состояние, что обеспечивает ему высокую коррозионную стойкость. В атмосферных условиях титан за счет поверхностных защитных слоев практически не подвергается коррозии.

Другой особенностью покрытия нитрид титана является то, что оно является также и износостойким. Износостойкость в значительной степени зависит от микротвердости поверхностного слоя. Поверхностное упрочнение уменьшает истирание трущихся поверхностей, препятствует развитию совместной пластической деформации материалов трущихся деталей, вызывающему схватывание, которое является наиболее интенсивным видом изнашивания.

К требованиям, предъявляемым к покрытию, можно отнести такие как необходимая адгезия покрытия, стабильность химического состава и структуры, отсутствие отрицательного влияния на физико-механические свойства основы, совместимость коэффициента линейного расширения материалов покрытия и основы, пластичность и прочность покрытия, самозалечивание дефектов, возникающих в покрытии в ходе эксплуатации изделия, технология формирования покрытия должна быть устойчивой, дополнительные затраты, связанные с формированием покрытий, должны окупаться, высокая твердость, минимальный коэффициент трения, высокая прочность, хорошая прирабатываемость, минимальная пористость для сухого трения, достаточная пластичность покрытия, блеск, шероховатость, рисунчатость.

Анализ существующих способов формирования износостойких покрытий показывает, что перспективным для упрочнения металлических поверхностей является вакуумно-плазменный электродуговой способ (КИБ).

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ВАКУУМНЫХ ПОКРЫТИЙ

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Комаровская В. М.*

В рассматриваемых исследованиях производились напыления на сталь 45 многокомпонентных вакуумных покрытий. Попытки улучшить поверхностный слой данной стали обусловлены широким её применением на производстве.

В процессе напыления использовались два варианта композиции катодов: 12X18H10T+Al-Cu-Si; 12X18H10T+Ti. Использование в качестве одного из катодов хромоникелевой аустенитной стали можно объяснить следующими причинами: 1) наличие аустенитной структуры в поверхностном слое; 2) «закупоривание» хромом пор, возникших при напылении; 3) коррозионная стойкость покрытия, которая крайне необходима стали марки 45.

Рассмотрим подробнее напыление 12X18H10T+Al-Cu-Si. Распыление катодов производилось в газовой среде аргона при давлении газа в камере  $P = 5 \cdot 10^{-3}$  мм рт.ст. Анализируя исследование [1] можно сделать вывод: композиционное покрытие, полученное в среде аргона, характеризуется незначительной шероховатостью поверхности. При этом наблюдается столбчатая структура. Такая морфология может являться основой улучшения как физико-механических, так и трибологических свойств материала основы. Значение микротвердости увеличилось почти в 1.5 раза. В покрытии наряду с железом содержится большое количество хрома, никеля, алюминия. Значительное количество углерода в покрытии обуславливает большое содержание в нем карбидных фаз. Вместе с этим отмечено наличие интерметаллидов основных легирующих элементов покрытия. Все это и объясняет наличие столбчатой

структуры и существенное повышение микротвердости покрытия. Результаты трибологических испытаний указывают на то, что износостойкость образцов с данным покрытием, существенно повышается. Покрытия при испытаниях истираются, но не отслаиваются, т.е. разрушаются по когезионному механизму, связанному с пластической деформацией и образованием усталостных трещин в материале покрытия. При этом коэффициент трения уменьшается почти в 2 раза. По-видимому, антифрикционная составляющая покрытия, действуя как смазочное вещество, снижает сопротивление сдвигу адгезионных связей.

Теперь рассмотрим напыление 12Х18Н10Т+Ti. Распыление катодов производилось в газовых средах азота и аргона при давлении газа в камере  $P = 5 \cdot 10^{-3}$  мм рт.ст. Анализируя исследование [2] можно сделать вывод: твердость покрытия, полученного при распылении катодов в азоте, в 10 раз выше твердости при распылении в аргоне при прочих равных. Это можно объяснить повышенным содержанием Ti в поверхностном слое благодаря формированию фаз нитрида титана, которые составляют 85,5 % покрытия.

Вывод: напыление хромоникелевой стали с алькусином – отличный вариант улучшения прочностных и антифрикционных свойств поверхностного слоя материала. Подобное напыление подходит для гильз пневмоцилиндров и других деталей, подверженных постоянному трению.

Напыление той же стали с титаном подходит для деталей, где требуется большая твердость поверхности (зубчатые колеса и др.).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Еремин, Е. Н. Исследование многоэлементных ионно-плазменных покрытий, полученных при одновременном распылении катодов в аргоне/ Е. Н. Еремин, А. Ш. Сыздыкова, В. М. Юров, С. А. Гученко. – Омск: ОмГТУ, 2015.

2. Еремин, Е. Н. Структура и свойств ионно-плазменных покрытий, полученных при одновременном распылении катодов 12Х18Н10Т и Ti/ Е. Н. Еремин, А. Ш. Сыздыкова, В. М. Юров. – Омск: ОмГТУ, 2015.

УДК 621.431.73

Бессараб Д. В.

## **ВАКУУМНЫЕ ПАКЕТЫ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Опиок Н. Э.*

Система вакуумной упаковки вещей произвела революцию в системе хранения. Не секрет, что большая часть предметов окружающей нас обстановки содержит прослойки воздуха. Кроме того наличие воздуха в структуре тканей определяет теплозащитные функции одежды. Вакуумные пакеты для хранения вещей позволяют уменьшить объем пространства, которые занимают вещи при хранении. Наиболее сильно это заметно при упаковке таких крупногабаритных вещей как одеяла и подушки. Фактически объем материала, будь-то синтепон, пух или перо занимают достаточно малый объем.

Многие замечали, что в случае стирки пуховиков в домашних условиях утепляющий материал комкается и собирается в одном месте. При этом в нормальном, распушенном состоянии утеплитель занимает весь объем простеганного пространства.

Объем наполнителя любого объемного изделия на 80, а то и на 90% состоит из воздуха и только 20% объема занимает непосредственно наполнитель. Поэтому при хранении мы укладываем в шкафы не только сами изделия, но в большей части воздух.

С целью уменьшения занимаемого объема возникла идея устранить воздух из хранящихся изделий. В качестве эксперимента разработчики вакуумной упаковки для текстильных изделий использовали обыкновенные полиэтиленовые пакеты и пылесос. Подобным способом можно воспользоваться без при-



обретения специальной упаковки, оборудованной клапанами, и не приобретая специальный насос для вакуумных пакетов.

Как устроена система. Система вакуумной упаковки состоит из двух основных элементов. Непосредственно вакуумные пакеты и насос для создания разряжения. Вакуумные пакеты оборудованы специальным клапаном, не допускающим попадание воздуха при отсоединении насоса. Клапан обеспечивает удобство применения системы и более высокую степень разряжения внутри пакета. От степени разряжения зависит уплотнение помещенных внутрь вещей и объем, который они будут занимать на полке шкафа.

Системы вакуумной упаковки вещей бывают двух типов:

- с использованием специального вакуумного насоса;
- с применением бытового пылесоса.

Независимо от устройства, создающего разряжение внутри, сам пакет выполнен с пластиковой застежкой типа ЗИП-ЛОК. Это позволяет складывать в вакуумные пакеты любые типы изделий, помещающиеся вовнутрь.

Хранение вещей, упакованных в вакуумные пакеты, имеет свои особенности. Несмотря на достаточную прочность конструкции для сохранения вакуума, конструкция клапанов не допускает ударных нагрузок. То есть при хранении не стоит бросать упаковки, а также следует избегать непосредственно ударов по местам расположения клапанов. При расположении на полках шкафа клапаны различных пакетов следует размещать на удалении друг от друга. Подобная система организации хранения вещей позволит избежать соударение клапанов и нарушение вакуумности упаковки.

**РЕГУЛИРОВКА ДАВЛЕНИЯ В КОМПРЕССОРЕ***БНТУ, г. Минск**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Комаровская В. М.*

На предприятии «Ошмянский хлебозавод» для подачи сухого сжатого воздуха на производственном участке используются поршневые компрессора. При этом на пневмолинии наблюдаются перепады давления связанные с конструктивными особенностями трубопровода (малый диаметр; повороты и лабиринты запорной арматуры). В связи с этим в данной работе проведем анализ существующих методов регулировки давления в компрессоре и подберем оптимальный для нашей задачи.

Одним из важнейших показателей компрессорной установки является рабочее давление компрессора, то есть давление воздуха, которое компрессор создает в ресивере и постоянно его поддерживает. Максимальное рабочее давление воздуха в ресивере должно превышать суммарную потребность этого воздуха из-за возможных потерь давления на линии трубопроводов, доставляющих воздух до места потребления. Причиной этого могут быть: диаметр трубопровода – чем меньше диаметр, тем риск падения давления возрастает, множество препятствий на пути следования воздуха, такие как, частые углы, повороты, лабиринты запорной арматуры. Также причиной может стать загрязненность на линии и фильтрующих элементов.

Рассмотрим способы регулирования давления в компрессоре.

Регулировка давления с помощью прессостата (рисунок 1).

В основе принципа действия реле давления (прессостата) лежит сопротивление двух сил – давление газов на мембрану и упругость пружины. Для того, чтобы отрегулировать рабочее давление, необходимо снять крышку прессостата, под ней находятся регуляторы в виде резьбовых болтов, рядом имеются указатели направления стороны, в которую следует под-

кручивать регуляторы, сжимая или разжимая пружину. Также рядом располагается подобный болт – регулятор разницы между максимальным и минимальным давлением.

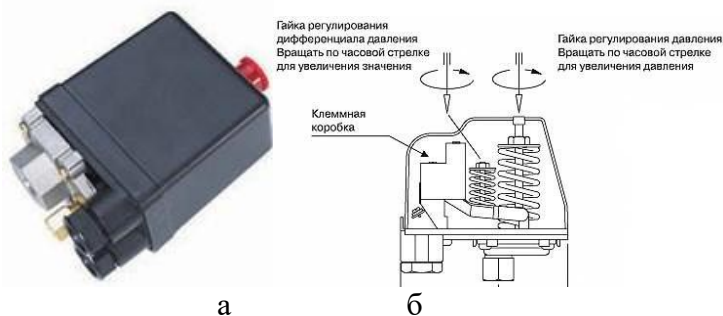


Рисунок 1 – Реле давления:  
а – прессостат, б – схема прессостата

Регулировка давления на выходе из ресивера. Регулировка давления компрессора возможна также и на выходе из ресивера или непосредственно перед потребителем воздуха. Причем такой способ намного удобнее и эффективнее. Возможно это благодаря устройству – редукционному клапану или, как его называют упрощенно, редуктору. Происходит это следующим образом. В редуктор поступает сжатый воздух из ресивера компрессора, поступающее давление- это максимальное рабочее давление, которое нужно адаптировать под потребляемое оборудование. К примеру, это может быть покрасочный пистолет или отбойный молоток. Выходит из редуктора тот же воздух но с давлением, точно выставленным оператором. Редукторы оборудованы манометром, что позволяет создавать максимально приближенное к требуемому давлению потребителя, а также наглядно наблюдать и контролировать возможные перепады или недостатки компрессии. Диапазон работы у всех редукторов разный и зависит от возможностей компрессора, на котором он установлен. Некоторые регулято-

ры имеют систему сброса избыточного давления со стороны линии потребления.

Встретить регулирующие редукторы можно везде, где применяется энергия сжатой среды для обеспечения различным давлением большого количества производственных участков. К тому же, редуктор поддерживает заданное давление на всей линии магистрали пневматической системы, предохраняя оборудование и пневмоинструмент от разрушения, вызванного избыточным давлением.

Проанализировав существующие методы регулировки давления можно прийти к выводу, что оптимальным решением для пневмолинии Ошмянского хлебозавода является регулировка давления на выходе из ресивера. Этот метод был выбран из-за его эффективности, удобства и простоты эксплуатации.

УДК 621.7

Бойко А. А.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВЕРХНЕГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ УСТАНОВКИ УВНИПА-1-001**

*ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ», кафедра «Газоснабжение и местные виды топлива», г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Комаровская В. М.*

Так как для формирования биоинертного покрытия на зубных имплантах необходимо использовать несколько мишеней из различных материалов, то появляется необходимость в проектировании оснастки имеющей несколько позиций. Исходя из требований к вакуумным материалам целесообразно все элементы конструкции выполнить из качественной легированной стали марки 12Х18Н10Т.

Базовым элементом в оснастке является деталь в виде плоского диска толщиной 6 мм и  $\varnothing 300$  мм. На плите выполнены 4 отверстия  $\varnothing 11$  мм по радиусу 186 мм. Также выполне-

ны отверстия с резьбой М4 по радиусу 186 мм предназначенной для фиксации ребер.

К диску при помощи 4 винтов крепятся ребра. Толщина листа составляет 1,6 мм. Ребра выполнены из листового металла, так как требуется сделать бурт шириной 14 мм по средствам листогибочной операции для удобства крепления к диску. Ребро предназначено для разделения диска на 4 сегмента, что обеспечивает защиту мишеней от соседних в момент протравливания и распыления.

В отверстия  $\varnothing 11$  мм плиты вставляется узел «Стакан» (см. рисунок 1).

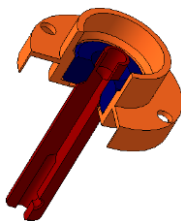


Рисунок 1 – 3D модель узла «Стакан»

Стакан предназначен для закрепления державки. Стакан состоит из деталей: стойки, фланца и шайбы. Базовым элементом в узле является фланец.

Фланец представляет собой ступенчатый диск с  $\varnothing 42$  и  $\varnothing 30$  мм. Ширина фланца 19 мм. В торце фланца сделана выточка для уменьшения массы. На выступе  $\varnothing 42$  мм сделаны 4 отверстия  $\varnothing 10$  мм под крепежные болты которые будут служить крепежом фланца плиты. Выточки  $\varnothing 22$  мм предназначены для запрессовки втулки.

Втулка выполнена в виде плоской шайбы  $\varnothing 22$  и шириной 9 мм. Втулка запрессовывается в выточку  $\varnothing 22$  в фланце. В шайбе базовой поверхностью является внутренняя поверхность отверстия  $\varnothing 8$  мм. Обрабатывается шайба на токарном станке и крепится на нем при помощи оправки. Для уменьше-

ния силы трения при запрессовке во фланец наружная цилиндрическая поверхность шлифуется до Ra 0,8 мкм.

Стойка имеет форму ступенчатого цилиндра Ø11 мм и Ø8 мм. К стойке при помощи винта М4х8 крепится державка. Державка представляет собой пруток Ø4 мм и длиной 175 мм. С одного конца пруток расклепан и сделано отверстие Ø4 мм для крепления узла «Кронштейна» (см. рисунок 2), который удерживает мишень.

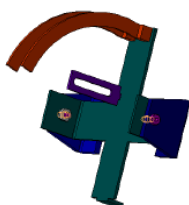


Рисунок 2 – 3D модель узла «Кронштейн»

Длина державки выбрана исходя из расстояния от стойки до оси источника. Пруток изготовлен из стали У10. К державке крепится узел «Кронштейн» при помощи болтового соединения. Болтовое соединение предназначено для регулирования угла наклона кронштейна и съема узла для замены мишени.

К кронштейну крепится скоба при помощи пайки, которая удерживает узел кронштейна на державке.

В скобе сделаны отверстия таким образом, чтобы при наклоне кронштейна мишень оказывалась наклонена к оси источника на угол в 30°, 45°, 60°. Толщина кронштейна составляет 1,6 мм. Спроектированное готовое приспособление представлено на рисунке 3.

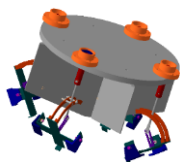


Рисунок 3 – 3D модель верхнего приспособления

Такая конструкция приспособления позволяет легко устанавливать и надежно фиксировать мишени, а также наносить многослойные покрытия на зубные импланты.

УДК 620.424.1

Бойко А. А.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ НИЖНЕГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ЗУБНЫЕ ИМПЛАНТЫ**

*ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ», кафедра «Газоснабжение и местные виды топлива», г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Комаровская В. М.*

Так как в ходе протравливания мишени происходит распыление оксидной пленки, которая осаждается на все детали установки и в том числе на подложки, то возникла необходимость защиты зубных имплантов в момент протравливания мишени. Базовой деталью нижней оснастки является предметный столик выполненный из листового металла марки 12Х18Н10Т. Функция предметного столика заключается в установке на него технологической оснастки с деталями.

Предметный столик выполнен в виде крестовины. Это связано с тем, что необходимо прятать обрабатываемые детали в момент протравливания мишени. Столик крепится к глухой ступице винтами М4х10.

Ступица предназначена для поворота предметного столика и выполнена в виде ступенчатого плоского диска со шпоночным пазом.

На окружности  $\varnothing 90$  мм просверлены 4 отверстия  $\varnothing 4$  мм для крепления стола винтами. В торце ступицы  $\varnothing 60$  мм просверлено отверстие под вал  $\varnothing 20$  мм и сделан шпоночный паз шириной 3 мм. Шпонка предназначена для фиксации ступицы на валу и передачи движения от вала планетарного редуктора ступице. Ступица устанавливается на вал планетарного редуктора.

При выборе типа редуктора ставились следующие критерии: малая шумность; компактность; малый вес;

Исходя из этих требований был выбран планетарный редуктора.

Поскольку в передаче усилия участвует большее число зубьев, нагрузка на каждый из них приходится меньше, что напрямую влияет на их срок службы. Также особенности конструкции планетарного редуктора, в частности расположение сателлитов, приводит к тому, что возникающие в нем силы взаимно компенсируются, из-за чего нагрузка на опоры падает. Плотная компоновка элементов редуктора приводит к уменьшению его габаритов, а условия зацепления зубьев шестерней – к снижению шумности.

Планетарный редуктор предназначен для уменьшения оборотов двигателя и увеличения момента.

Для передачи вращательного движения выбран одноступенчатый планетарный редуктор. Редуктор крепится вертикально к раме камеры 4-мя болтами М8. Редуктор приводится в движение шаговым двигателем ДШИ-200, который имеет следующие достоинства: двигатель фиксирует свое положение с высокой точностью за счет тока удержания; регулировка скорости вращения с высокой точностью без обратной связи; способность быстрого старта, остановки, реверса; высокая надежность, отсутствие коллекторных щеток. Для защиты изделий в момент протравливания мишени в камере предусмотрена система из 3-х экранов выполненных из нержавеющей листового металла. Спроектирована нижняя оснастка представлена на рисунке 1.

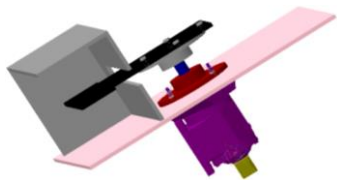


Рисунок 1 – Нижняя оснастка



В торцевом экране сделан продольный паз для беспрепятственного вхождения предметного столика. Размер экранов принимался конструктивно и учитывались высота оснастки и ширина предметного столика.

УДК 621.527.8

Бусел Ю. А.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФИЛЬТР-ЛОВУШКИ ДЛЯ АММИАКА**

*РУП «Белмедпрепараты», г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Комаровская В. М.*

Каждый вакуумный насос требует технического обслуживания, а это значит замены расходных материалов. Для надёжной и безотказной работы насосов используют фильтра, ловушки тем самым продлевают работоспособность вакуумного насоса и уменьшают затраты на ремонтно-эксплуатационные нужды.

Выбор вакуумной ловушки определяется средой, где проводится селективная откачка, соединительными элементами всей системы, а также конструкцией ловушки.

Ловушка предотвращает обратный поток масляных или водяных паров из системы форвакуума в камеру. Также ловушки служат для целенаправленной конденсации воды, паров растворителя и масла на охлаждённых поверхностях.

Производство аммиака – один из важнейших технологических процессов во всем мире. Выпуск аммиака осуществляют в жидком виде или в виде 25%-го водного раствора – аммиачной воды. Основные направления использования аммиака – производство азотной кислоты (производство азотсодержащих минеральных удобрений в последствии), солей аммония, мочевины, уротропина, синтетических волокон (нейлона и капрона). При наполнении аммиака в тару, как правило, используют вакуум. Вакуум создают водокольцевыми вакуумными насосами. В процессе эксплуатации вакуумного насоса при наполнении аммиака часть раствора попадает в вакуумную систему и ва-

куумный насос при этом образует солевой осадок и приводит к постоянным поломкам вакуумного оборудования.

Мы предлагаем изготовить и установить вакуумную ловушку с автоматической сменой воды для растворения аммиака (рисунок 1).



Рисунок 1 – Вакуумная ловушка

Вакуумная ловушка изготовлена из нержавеющей стали 12Х18Н10Т, поскольку она немагнитная, и обладает необходимыми физико-механическими свойствами.

Вакуумная ловушка состоит из четырёх частей. Верхняя часть и нижняя имеют полусферическую форму, в которую

приварены патрубки для откачки газа вверху и слива воды внизу. Центральная часть крепится на фланцы к нижней сфере, а вверху на центральную часть устанавливается отражатель и змеевик для сбора паров воды с аммиаком.

Из рисунка 2 видно, что труба, подключенная к линии наполнения, опускается на одну треть в воду.

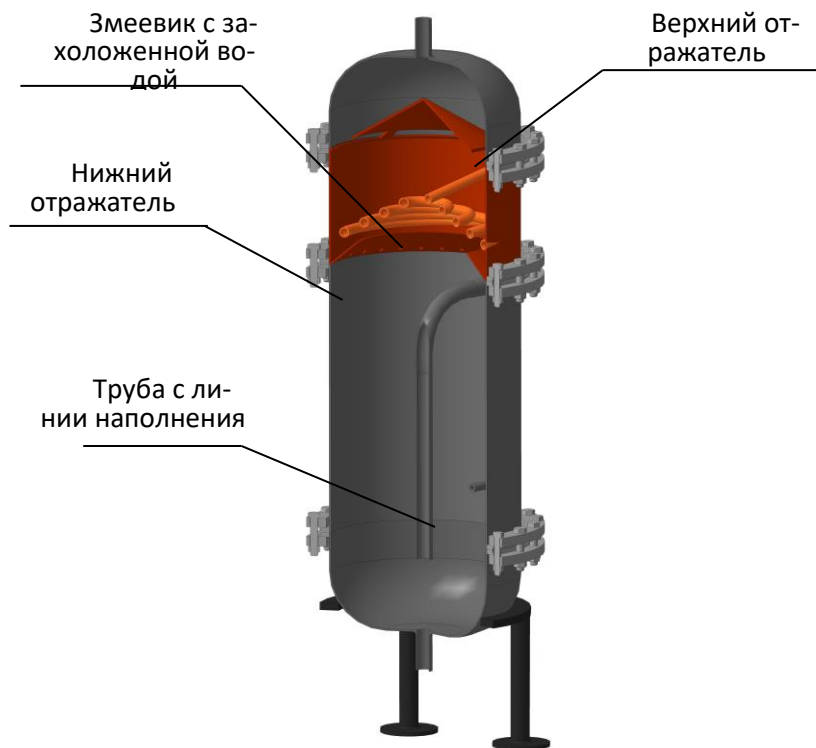


Рисунок 2 – Вакуумная ловушка (в разрезе)

Ловушка работает следующим образом, вакуумный насос откачивает газ из ловушки и создаёт разряжённое давление в ней. Труба с линии наполнения погружена в воду на одну треть и при разности давлений начинает бурлить в воде тем

самым создаётся вакуум на линии наполнения. Аммиак при наполнении попадает в ловушку, а поскольку аммиак имеет высокую растворимость в воде, то есть концентрация раствора уменьшается. Через определённое время вода меняется тем самым не допускается попадание аммиака в насос.

Нижний отражатель служит для скапливания испарившейся влаги и попадания большего количества газа на змеевик с заложенной водой, для большего улавливания паров воды и раствора аммиака в газе. Верхний отражатель служит для улавливания сконденсированных капель воды и раствора аммиака.

Данная конструкция вакуумной ловушки наиболее подходит для улавливания раствора и паров аммиака. Ловушка проста и безопасна в эксплуатации и имеет низкую окупаемость, ведь стоимость вакуумного насоса гораздо выше стоимости данной ловушки.

УДК 621.793

Выдрицкий А. И.

## **МНОГОСЛОЙНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Латушкина С. Д.*

На основе концепции двойственной природы промежуточной технологической среды (ПТС) были систематизированы функциональные требования к покрытиям для режущего инструмента и обоснована концепция применения многослойно-композиционных покрытий (МКП) [1–3].

В соответствии с принятой концепцией архитектура МКП должна строиться на основе трехэлементной системы, включающей адгезионный подслой, промежуточный слой и износостойкий слой. Адгезионный подслой должен иметь максимальную кристаллохимическую совместимость и обеспечивать прочную адгезию с материалом субстрата (адгезионные функ-

ции). В тоже время этот слой должен обеспечивать релаксацию напряжений и формирование диффузионной переходной зоны на границах раздела «покрытие-основа».

Переходный слой должен сглаживать различие кристаллохимических свойств слоев и, кроме того, блокировать тепловые потоки от фрикционных источников тепла в субстрат и интердиффузию между инструментальным и обрабатываемым материалами (барьерные функции). Наличие промежуточного слоя должно способствовать ограничению образования и распространения трещин созданием внутренних граничных поверхностей.

Износостойкий слой должен иметь минимальную совместимость кристаллохимических свойств с материалом субстрата, повышенную твердость относительно обрабатываемого материала, максимальную сопротивляемость макро- и микроразрушению (изнашиванию) при термомеханических напряжениях, возникающих при резании. Высокие термодинамическая стабильность и твердость, отличие кристаллохимического строения материала слоя и обрабатываемого материала должны приводить к минимизации физико-химического взаимодействия, снижению термомеханических напряжений, пассивации трибологического взаимодействия. Каждый из слоев МКП может иметь многослойную структуру, что повышает его сопротивляемость хрупкому разрушению. Разработку МПК для режущего инструмента обычно производят: на основе упрочняющих твердых растворов; при применении слоев, градуированных по типам связи; путем применения метастабильных систем с гомогенной металлоидной структурой; на основе наноструктурированных многофазных слоев; на основе супермногослойных структур со слоями наноразмерной толщины.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Верещака, А. С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями / А. С. Верещака. – М.: Машиностроение, 1993. – 336 с.

2. Верещака А. С., Верещака А. А. Функциональные покрытия для режущего инструмента / А. С. Верещака, А. А. Верещака // Упрочняющие технологии и покрытия, 2010. – №6. – С. 28–36.

3. Moll E., Bergmann E. Hard coatings by plasma assisted PVD technologies: industrial practice // Surface and Coating Technology. 1989. – V. 37. – P. 483–509.

УДК 621

Гансецкий Е. В.

## **ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АУСТЕНИТНЫХ ХРОМОНИКЕЛЕВЫХ СТАЛЕЙ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Иващенко С. А.*

В современных условиях интенсификации производства значительно возрастают требования к надежности машин и механизмов. Успешное решение данной проблемы особенно актуально для оборудования, работающего в особых условиях: вакуум, отсутствие электромагнитных помех, агрессивные среды, значительные удельные нагрузки, недостаток смазывающего материала в зоне трения и др. В таких условиях работают детали и узлы электронного машиностроения, приборостроения, вакуумной техники, космонавтики и ряда других отраслей.

Для изготовления изделий, работающих в особых условиях необходимо использовать материалы, обладающие специальными физико-механическими свойствами: немагнитность, коррозионная стойкость, вакуумная плотность, теплостойкость и др. Такими свойствами наиболее полно обладают аустенитные стали, сплавы на основе алюминия и меди [4].

Аустенитные хромоникелевые стали широко используются в химической промышленности для изготовления аппаратуры в производстве азотной кислоты, лаков, красок, и в пищевой промышленности для оборудования по изготовлению различ-

ных продуктов и полуфабрикатов, а также посуды из-за высокой устойчивости в химически активных средах и кислотостойкости. Вследствие устойчивости к морской воде аустенитные стали используют для изготовления деталей судов и обшивки гидросамолетов. В частности, такие стали широко применяются в военном судостроении при производстве минных тральщиков, так как они не должны наводить магнитных полей, на которые реагируют взрыватели морских мин. Кроме того, аустенитные стали используются для изготовления немагнитных частей аппаратуры управления судов [5].

В машиностроении аустенитные хромоникелевые стали применяются в качестве материала для изготовления выхлопных патрубков, коллекторов, глушителей в мощных моторах, а также труб печей и установок, нагреваемых до температуры 650-720°С. Это связано с достаточно высокой жаростойкостью и окислительной стойкостью таких сталей (до 1000°С) [1].

В медицине аустенитные хромоникелевые стали используются при изготовлении деталей диагностической и лечебной аппаратуры, некоторых видов инструмента, а также в ортопедической стоматологии для изготовления зубных коронок и протезов [3].

Аустенитные хромоникелевые стали применяются для изготовления ответственных деталей вакуумной аппаратуры (вакуумные камеры, трубопроводы, корпусные детали и т.д.), предназначенной для получения давлений до  $1,33 \times 10^{-5}$  Па и ниже [1]. Однако использование аустенитных хромоникелевых сталей ограничивается из-за низкой износостойкости, особенно в условиях сухого и граничного трения. Это объясняется тем, что пассивирующая пленка окислов, представляющая собой окислы железа, хрома и никеля, обладает значительно более высокой твердостью по сравнению с твердостью металла основы. Согласно принципу положительного градиента механических свойств [2], трение металлов сопровождается низкими скоростями износа в том случае, если механические свойства поверхностного слоя возрастают в направлении

с поверхности в глубь металла. Если наблюдается обратное явление, образующиеся поверхностные связи оказываются прочнее глубинных и происходит схватывание поверхностей трения. Кроме того, низкая твердость аустенитных сталей не позволяет получить высокое качество рабочих поверхностей деталей из таких материалов.

Согласно исследованиям Н. Л. Голего, трение стали X18H10T в диапазоне скоростей скольжения поверхностей 0...50 м/с происходит в режиме схватывания и сопровождается быстрым износом. В результате проведенных экспериментов, сделан вывод о непригодности для практического использования пары трения из аустенитной стали X18H9T ввиду ее низкой износостойкости [5].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ульянин, Е. А. Коррозионностойкие стали и сплавы: Справочник / Ульянин Е. А. – М.: Металлургия, 2001. – 208 с.
2. Крагельский, И. В. Трение и износ / Крагельский И. В. – М.: Машиностроение, 2008. – 480 с.
3. Котляр, А. М. О коррозионной стойкости деталей с покрытием из TiN / А. М. Котляр и др. // Резание и инструмент. – Харьков, 1989. – № 41. – С. 112–115.
4. Иващенко, С. А. Исследование износостойкости упрочняющих покрытий на изделиях из сплава Д16Т / С. А. Иващенко // Вестник БНТУ. – 2008. – № 6. – С. 30–33.
5. Иващенко, С. А. Исследование износостойкости образцов из стали 12X18H10T с упрочняющими покрытиями / С. А. Иващенко // Машиностроение. – 2001. – № 17. – С.310–315.



## **ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИОННОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ НА ОАО «БЕЛАЗ»**

*ОАО «ОКБ Академическое», г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Латушкина С. Д.*

В настоящее время на ОАО «БелАЗ» из стали 20Х2Н4А изготавливают кольца подшипников массой от 67 до 130 кг, которые подвергают газовой цементации и высокому отпуску. Требуемая глубина науглероженного слоя составляет 5,5 мм. Процесс цементации является очень длительным (до 5-и суток) и энергоемким.

В условиях серийного производства основным является процесс газовой цементации в шахтных печах типа Ц. Насыщение углеродом в печах ведётся из газообразных продуктов пиролиза пиробензола или других жидких углеводородов. Образующаяся при пиролизе газовая смесь из-за подсоса воздуха и неравномерной подачи пиробензола отличается нестабильностью. Кроме того, она может содержать неопредельные углеводороды, служащие источником выделения сажи, вызывать «пятнистую» цементацию. В результате на поверхности деталей наблюдается значительное колебание концентрации углерода (от 0,5 до 1,3% С), что снижает несущую способность и надёжность работы изделий. Кроме нестабильности процесс цементации в шахтных печах трудно регулируется и протекает недостаточно интенсивно. Этот процесс нуждается в замене на более совершенный.

В отличие от газовой и вакуумной цементации, при которых образование углерода происходит только вследствие термической диссоциации углеродсодержащих соединений (СО, СН<sub>4</sub>, С<sub>2</sub>Н<sub>2</sub>, пропан-бутана), при ионной цементации происходит дополнительная диссоциация таких соединений вследствие электронного удара, что существенно повышает «вы-

ход» свободного углерода, тем самым, увеличивая углеродный потенциал насыщающей среды. Мерой интенсивности внешнего массопереноса служит коэффициент массопереноса  $p$ , который в условиях ионной цементации может достигать рекордных значений:  $(350-450) \cdot 10^5 \text{ г}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$  вместо  $(45-60) \cdot 10^5 \text{ г}/(\text{см}^2 \cdot \text{ч})$  для газовой цементации в шахтных печах .

Вследствие высокой науглероживающей способности тлеющего разряда время насыщения при ионной цементации сокращается в 1,5-2 раза, а скорость роста слоя при ионной цементации может составлять 0,4-0,6 мм/ч, что в 3-5 раз превышает этот показатель для других способов цементации. При этом следует иметь в виду, что по мере увеличения глубины науглероженного слоя скорость роста замедляется; особенно это характерно при формировании глубоких (более 3 мм) слоев. Кроме высокой скорости науглероживания, ионная цементация характеризуется высоким показателем полезного использования углерода газовой среды, который может достигать 50-70 %, а при вакуумной цементации коэффициент использования из газовой среды составляет лишь 35 %.

Низкий расход газов, электроэнергии и непродолжительное время обработки приводят к снижению производственных затрат в 4–5 раз по сравнению с традиционной технологией цементации в камерных печах фирмы «Ипсен», применяемой на ОАО «БелАЗ».

Таким образом, применение ионной цементации для обработки колец подшипников позволит сократить время формирования науглероженного слоя и, тем самым, снизить затраты на проведение данной операции.

Потребителями разработанной технологии и оборудования могут быть все машиностроительные предприятия, использующие в настоящее время газовую цементацию, которая реализуется в шахтных печах типа Ц-105, СШЦМ или безмуфельных агрегатах: в первую очередь РУП «Минский тракторный завод», ОАО МАЗ – управляющая компания холдинга

«БЕЛАВТОМАЗ», ОАО «Минский завод шестерен», ОАОМЗКТ, ОАО «Гомсельмаш», станкостроительные, подшипниковые заводы и другие предприятия.

Разработка и внедрение технологий ионной цементации на предприятиях Республики Беларусь позволят:

- снизить себестоимость продукции за счёт сокращения длительности процесса обработки и, соответственно, снижения энергозатрат, уменьшения объёма шлифовальных работ;
- повысить эксплуатационные характеристики изделий за счёт значительного снижения коробления, высокой равномерности упрочнённого слоя;
- повысить производительность процессов ХТО за счёт сокращения в 1,5–2 раза длительности насыщения, так и общего цикла обработки.

УДК 666.266.1

Грицук А. А

## **ТЕХНОЛОГИЯ ИОННОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ**

*ОАО «ОКБ Академическое», г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Латушкина С. Д.*

Особенность ионной цементации – насыщение в неравновесной газовой среде, исключая его регулирование по величине углеродного потенциала. Реакции превращения углеродов в тлеющем разряде направлены только в сторону образования ионизированного углерода, поэтому процесс насыщения идёт до образования карбидов и может заканчиваться выделением сажи. В этих условиях управление процессом сводится к регулированию массопереноса (поток углерода). Важно, чтобы доставляемый тлеющим разрядом к поверхности детали поток ионов углерода полностью поглощался и обеспечивал заданные параметры диффузионного слоя. Для выполнения этого условия требуется установление оптимального состава газовой среды, её расхода (давления), температуры,

электрических параметров тлеющего разряда. Учитывая большое число технологических факторов, а также их взаимное влияние (давление газовой среды влияет на плотность тока, плотность тока на температуру и т.д.), разработку оптимальных режимов цементации проводили с применением математических методов планирования эксперимента.

Повышенная концентрация углерода может привести к образованию в приповерхностном слое сплошного цементита (либо в виде сетки). Поэтому процесс ионного насыщения проводится в циклическом режиме: углеродсодержащий газ (метан, ацетилен либо пропан-бутан) подается в камеру в течение некоторого определенного промежутка времени (активная фаза), а затем на некоторое время подача ацетилена прекращается (пассивная фаза). Во время пассивной фазы происходит так называемое диффузионное «рассасывание» углерода, что приводит к снижению концентрации в приповерхностном слое. Длительность активной и пассивной фаз может выбираться в различном соотношении, например, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, причем время активной фазы может составлять от 2 до 30 мин и более.

Тлеющий разряд ускоряет протекание всех трёх элементарных процессов, лежащих в основе термодиффузионного насыщения: образование активных атомов насыщающего элемента, их адсорбцию и диффузию. Особенно велико влияние разряда на первые два процесса. Атомы углерода значительно активизируются под влиянием электрического поля и, находясь в ионизированном состоянии, обладают энергией взаимодействия с поверхностью металла в тысячи раз большей, чем при обычном процессе. Ускорение процессов адсорбции сопровождается интенсивным увеличением концентрации углерода на поверхности, что ускоряет его диффузию. Последнему способствуют также повышенная плотность дислокаций, возникающая при ионной бомбардировке поверхности, активизированное состояние атомов металла тонкого поверхност-

ного слоя (до  $10^{-5}$  см), и несколько увеличенная в нём температура. Однако, при этом следует иметь в виду, что разряд при всех режимах обработки должен быть аномальным, т.е. вся поверхность обрабатываемых изделий должна быть покрыта свечением. По мере увеличения загрузки камеры деталями должно возрасть и количество углеродсодержащего газа, необходимого для формирования диффузионного слоя, что обычно обеспечивается увеличением доли этого в газовой смеси, используемой при обработке (если такая возможность имеется), либо повышением давления, что чревато переходом разряда в режим нормального, когда часть изделий в садке может быть не покрыта разрядом.

УДК 551.22.19

Грицук М. В.

## **МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СО СПЕЦИАЛЬНЫМИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: д-р техн. наук, профессор Иващенко С. А.*

Специальные физико-механические свойства материалов деталей (коррозионная стойкость, вакуумная плотность, немагнитность) обусловлены особыми условиями эксплуатации. Под особыми условиями эксплуатации понимается: работа в вакууме, воздействие электромагнитного излучения и агрессивных сред, высокие температуры и удельные нагрузки, трение без смазочного материала и др. Естественно, что для обеспечения особых условий эксплуатации деталей и механизмов их рабочие поверхности должны обладать специальными, часто трудносовместимыми физико-механическими и эксплуатационными свойствами: коррозионной стойкостью, вакуумной плотностью, немагнитностью, теплостойкостью, износостойкостью, твердостью, контактной жесткостью и др. Наиболее пригодными для изготовления

деталей, работающих в особых условиях эксплуатации, являются аустенитные хромоникелевые стали, сплавы меди и алюминия. Аустенитные хромоникелевые стали обладают высокой коррозионной стойкостью, немагнитностью, вакуумной плотностью, удовлетворительной обрабатываемостью и хорошей свариваемостью.

Основным элементом, обуславливающим высокую коррозионную стойкость данных сталей, является хром, который обеспечивает способность стали к пассивации. Легирование никелем в количестве 9...12% переводит сталь в аустенитный класс, что позволяет использовать эти стали в качестве жаро- и коррозионностойких, жаропрочных и криогенных материалов. Температурно-временная область склонности аустенитных хромоникелевых сталей к межкристаллитной коррозии в первую очередь определяется концентрацией углерода, содержащегося в твердом растворе. Повышение содержания углерода расширяет область склонности стали к межкристаллитной коррозии. Для устранения этого нежелательного явления хромоникелевые стали стабилизируют титаном или ниобием. По характеру влияния легирующих и примесных элементов на магнитные свойства стали их можно разделить на две группы: первая – хром, кремний (ферритообразующие элементы), вторая – никель, углерод, азот (аустенитообразующие элементы). Влияние титана и ниобия на магнитные свойства хромоникелевых сталей может быть двояким. Находясь в твердой растворе, оба элемента повышают стабильность аустенита в отношении мартенситного превращения. Если титан и ниобий связаны в карбонитриды, то в результате может повыситься температура мартенситного превращения вследствие обеднения аустенита сильными стабилизаторами, которыми являются углерод и азот [1].

Для обеспечения высокой точности и производительности электроннолучевых установок их рабочие элементы должны обладать высокой коррозионной стойкостью, тепло- и износостойкостью, вакуумной плотностью, немагнитностью. При этом особые требования предъявляются к деталям механизмов, осуществ-

ляющих прецизионные перемещения в вакууме, т.е. к направляющим и телам качения. Технические требования на изготовление направляющих предусматривают получение рабочих поверхностей с шероховатостью Ra менее 0,32 мкм, неплоскостностью и непараллельностью не более 2 мкм на длине 150 мм, высокой твердостью (HRCэ более 50), низким коэффициентом трения и отсутствием релаксационных толчков при трогании с места и останове. Тела качения должны обладать высокой несущей способностью, контактной выносливостью, малым коэффициентом трения при достаточной твердости и низкой шероховатости, а также должны быть коррозионностойкими и немагнитными.

Однако применение аустенитных сталей, как и других материалов со специальными физико-механическими свойствами, ограничивается из-за низкой износостойкости, особенно в условиях значительных контактных нагрузок и высоких скоростей скольжения сопряженных поверхностей.

Процесс трения для всех материалов данной группы при особых условиях эксплуатации деталей происходит в режиме схватывания и заедания контактирующих поверхностей, что приводит к их катастрофическому износу и, как следствие, быстрому выходу пары трения из строя.

Поэтому эффективное использование деталей из материалов со специальными физико-механическими свойствами, имеющих высокую тепло- и коррозионную стойкость, вакуумную плотность и немагнитность, возможно при достаточной твердости (HRCэ более 50) их рабочих поверхностей, что позволяет получить требуемые точность и шероховатость. В связи с этим возникает необходимость применения упрочняющей обработки для деталей, изготовленных из таких материалов [2].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ульянов, Е. А. Коррозионностойкие стали и сплавы: Справочник. – М.: Металлургия, 1980. – 208 с.

2. Иващенко, С. А. Анализ методов упрочнения немагнитных аустенитных сталей / С. А. Иващенко. – Минск: Белорусская государственная политехническая академия, 2001. – 18 с.

УДК 621.791.3

Дегалевич А. С., Шахнов Н. С.  
**ПАЙКА В ВАКУУМЕ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Бабук В. В.*

Процесс пайки в вакууме сложен и его применяют только для специальных целей, когда другие методы не дают положительных результатов. В вакууме можно паять металлы и сплавы с керамикой, стеклом и графитом, жаропрочные и коррозионно-стойкие стали с алюминием, титаном, вольфрамом и молибденом без предварительного покрытия этих металлов хромом или никелем. В вакууме не рекомендуется паять сплавы и применять припой, содержащие металлы с высокой упругостью паров: цинк, магний, бериллий, марганец, кадмий, фосфор, литий. При нагреве в вакууме эти металлы испаряются раньше, чем произойдет процесс пайки. Достоинства этого метода: в том, что во время нагрева не образуются окислы некоторых металлов, входящих в состав припоев и основного металла; простота управления и безопасность процесса; высокая прочность и пластичность паяных соединений вследствие интенсивной дегазации припоя во время плавления; возможность пайки без флюса.

Недостатки: требуется высококвалифицированная рабочая сила; высокая стоимость оборудования; могут быть использованы припой только определенного состава.

Пайку в вакууме можно выполнить двумя способами: при независимом действии вакуумной камеры и нагревателя, и в печах, вакуумное пространство в которых создается внутри камеры нагрева. Паяльная установка по первому способу со-



стоит из вакуумной камеры (контейнера) и нагревательной печи с омическим или индукционным нагревом. Чтобы ускорить процесс охлаждения изделий после пайки, изготавливают контейнеры с камерой охлаждения и съемной крышкой с резиновыми уплотнителями. Пайку в таких контейнерах производят припоями с температурой плавления не выше 900. Для высокотемпературных припоев применяют печи, в рабочей части которых создается вакуум.

Вакуумные паяльные установки, работающие по второму способу из-за высокой стоимости оборудования и медленного охлаждения паяемых изделий применяют редко. При пайке в вакууме детали должны быть тщательно очищены от грязи, масла и следов коррозии, сборку под пайку производят в приспособлении с предварительным укладыванием припоя. Если приспособления не требуется, то для предотвращения припайки к контейнеру изделия устанавливают на специальные прокладки из слюды или графита. После установки деталей в печь, производят нагрев ее с одновременной откачкой воздуха. До температуры пайки следует нагревать печь возможно быстрее, чтобы исключить возможность взаимной диффузии припоя и основного металла и плохого заполнения зазоров паяных соединений.

При выборе припоя следует учитывать растворимость компонентов основного металла в расплавленном припое, так как в процессе пайки его состав и температура плавления могут значительно измениться, в результате чего припой или не заполнит зазор, или будет растворять основной металл. Для предотвращения этого явления применяют более широкие зазоры паяных соединений, высокую температуру пайки (если температура плавления припоя понизится) или сокращать время пайки (если температура плавления припоя повысится).

Преимущество вакуумной пайки заключается в том, что при нагреве в среде, где отсутствует кислород, не происходит окисления металла, и для получения качественной пайки нет необходимости пользоваться флюсом. При правильном режи-

ме нагрева в вакууме партии деталей и строго определенной выдержке времени можно быть уверенным, что качество пайки будет у всех деталей совершенно одинаковым.

УДК 372

Демчук И. О., Кутасевич А. Г.

## **МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПОРИСТЫХ ПРОНИЦАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СИЛИКАТОВ И АЛЮМОСИЛИКАТОВ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научные руководители: Азаров С. М., Дробыш А. А.*

В Республике Беларусь разработана технология получения пористых проницаемых материалов на отечественного природного сырья кварцевого песка и фарфорового боя. Фильтроэлементы изготовленные по этой технологии успешно используются для очистки жидкостей и газов на производстве и в быту. Однако технического прогресс и усложнение экологической обстановки обуславливают необходимость модернизации этих материалов.

Одним из возможных путей модернизации является модифицирование материалов введением в состав их шихты новых составляющих, изменяющих структурные и каркасные характеристики готового изделия. С экономической точки зрения в качестве таких составляющих целесообразнее всего рассматривать отечественное сырье или полуфабрикаты, но их номенклатура ограничена. Проведенный нами анализ продукции промышленных предприятий Республики Беларусь показал, что потенциально в качестве таких модификантов могут выступать волокна, нити или ткани, полученные из горных пород базальтовой группы на открытом акционерном обществе «Полоцк-Стекловолокно». Отметим заявленные производителем преимущества базальтового волокна:

– расширенный диапазон температур применения (рабочая температура до 700°C);

- повышенная химическая стойкость в кислотной и щелочной средах, а также в морской воде по сравнению с Е-стеклом;
- повышенная на 25% прочность по сравнению с Е-стеклом;
- повышенный на 15% модуль упругости Юнга по сравнению с Е-стеклом;
- экологическая чистота материала.
- высокая долговечность;
- материал виброустойчив;
- материал не поддается воздействию плесени и других микроорганизмов;
- невысокая цена в сравнение с высокой стоимостью стекол специального назначения.

В качестве исходных компонентов-модификаторов нами выбраны:

- рубленное базальтовое волокно БС 16-6-76 и БС 23-12-61;
- базальтовая ткань ТБК-100(100) и ТГВ-430-18В(100).

Далее было выполнено исследование элементного состава на аттестованном рентгенофлуоресцентном спектрометре ED 2000 фирмы «Oxford Instruments Analytical» (Великобритания). Погрешность метода в данном случае составляет 8 – 10 относительных процентов.

Таблица 1 – Элементный состав волокна БС 16-6-76

Элемент	Концентрация, масс. %
$Al_2O_3$	6,58
$SiO_2$	62,44
$K_2O$	1,53
$CaO$	8,87
$TiO_2$	1,67
$MnO$	0,24
$Fe_2O_3$	18,67

Таблица 2 – Элементный состав волокна БС 23-12-61

Элемент	Концентрация, масс. %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,41
SiO <sub>2</sub>	57,21
K <sub>2</sub> O	1,63
CaO	10,15
TiO <sub>2</sub>	1,84
MnO	0,29
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,47

Таблица 3 – Элементный состав ткани ТБК-100(100)

Элемент	Концентрация, масс. %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,58
SiO <sub>2</sub>	61,91
K <sub>2</sub> O	1,53
CaO	9,43
TiO <sub>2</sub>	1,67
MnO	0,24
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,68

Таблица 4 – Элементный состав ткани ТГВ-430-18В(100)

Элемент	Концентрация, масс. %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,2
SiO <sub>2</sub>	61,54
K <sub>2</sub> O	1,32
CaO	12,62
TiO <sub>2</sub>	1,53
MnO	0,22
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,57

Согласно таблиц 1–4 рассматриваемые образцы волокон и тканей имеют в своей основе оксид кремния, а так же значительные массовые доли оксида железа и оксида кальция, что по своему

элементному составу приближает их к пористым проницаемым изделиям на основе кварцевого песка, разработанным ранее.

Результаты проведенных исследований показывают перспективность использования базальтовых волокон и тканей в качестве компонентов-модификаторов шихты пористых проницаемых материалов на основе кварцевого песка.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Базальтовое волокно и продукция на его основе [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа <http://www.polotsk-psv.by/production/catalog/bazalt/>.

2. Азаров, С. М. Фильтрующие материалы на основе порошков силикатов и алюмосиликатов / С. М. Азаров [и др.] // Пористые проницаемые материалы: технологии и изделия на их основе: Материалы 6 междунар. симпозиума (19-20 октября 2017). – Минск: ГНУ ИПМ, 2017. – С.109-127.

УДК 621.785.5

Ерошенко А. И.

## ПОВЕРХНОСТНОЕ УПРОЧНЕНИЕ

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Комаровская В. М.*

Большинство деталей машин работают в условиях повышенного износа поверхности. В связи с этим встает вопрос о необходимости повышать износостойкость поверхностного слоя изделий. Это достигается методами поверхностного упрочнения.

Упрочнить поверхность – значит повысить свойства поверхности: твердость, износостойкость, коррозионную стойкость. Если надо изменить свойства, то это значит, что должна измениться структура поверхностного слоя. Для изменения структуры можно использовать деформацию, термическую обработку с нагревом различными способами, изменение химического состава поверхности, нанесение защитных слоев.

В основном методы упрочнения поверхностей можно разбить на две основные группы:

1) упрочнение изделия без изменения химического состава поверхности, но с изменением структуры. Упрочнение достигается поверхностной закалкой, поверхностным пластическим деформированием и другими методами.

2) упрочнение изделия с изменением химического состава поверхностного слоя и его структуры. Упрочнение осуществляется различными методами химико-термической обработки и нанесением защитных слоев.

Наноструктурные защитные покрытия, осаждаемые на поверхности узлов и механизмов, значительно увеличивают ресурс их работы.

Для нанесения твердых износостойких покрытий, таких как TiN, CrN, TiAlN, TiC, используются химическое осаждение из газовой фазы – CVD (химическое парофазное осаждение) и физическое осаждение из паров или плазмы – PVD (физическое осаждение из паровой фазы). Для CVD-метода осаждения пленок требуется высокая температура, что не всегда приемлемо вследствие невысокой стабильности ряда получаемых структур или обрабатываемых материалов. PVD-метод в случае создания многокомпонентных наноструктурных покрытий более универсален, поскольку можно получать более широкий спектр покрытий (нитриды, карбиды, бориды металлов) и процесс осаждения покрытий может быть выполнен при более низкой, чем в CVD-процессе, температуре подложек. Ионно-плазменные методы включают в себя магнетронное распыление, вакуумно-дуговое и термическое испарение.

**ВЫМОРАЖИВАЮЩАЯ ВАКУУМНАЯ ЛОВУШКА***БНТУ, г. Минск**Научный руководитель: канд.техн.наук, доцент Комаровская В. М.*

Обеспечение технологических процессов в таких областях науки и техники, как нанотехнология и наноэлектроника, получение чистых материалов обычно сопряжено с созданием высокого безмасляного вакуума.

Одним из наиболее простых методов очистки газовых потоков является установка между насосом и технологической камерой вакуумных ловушек.

Рассмотрим работу типичной вымораживающей ловушки (см. рисунок 1). Ловушка имеет сосуд для хладагента с днищем в виде колпака. Сосуд расположен на оси цилиндрического корпуса так, что выходной патрубком частично расположен внутри колпака.

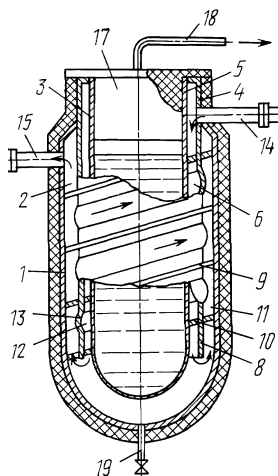


Рисунок 1– Вымораживающая ловушка

В корпусе коаксиально сосуду установлен газопроницаемый экран, выполненный из высокотеплопроводного материала, который закреплен на корпусе при помощи высокотеплопроводных перегородок и имеет газонепроницаемый участок в зоне входного патрубка.

Такая конструкция ловушки обеспечивает равномерное распределение вымораживаемых паров по поверхности сосуда и увеличивает коэффициент захвата ловушки. Но так как экран теплый и сосуд не имеет тепловой защиты, ловушка имеет большой расход хладагента из-за высокого теплопритока к сосуду.

За счет более равномерного распределения вымораживаемых паров по рабочей поверхности ловушки возможно снизить расход хладагента, улучшить тепловую защиту экрана и сосуда, а также увеличить ресурс работы.

В работе [1] все это достигается тем, что в ловушке (см. рисунок 2), содержащей вертикальный корпус, снабженный входным и выходным патрубками, размещенный в корпусе сосуд с криогенной жидкостью и расположенный вокруг него охлаждаемый экран в виде цилиндра, выполненного из высокотеплопроводного материала, у которого верхнее днище имеет форму кольца и закреплено по верхнему диаметру на верхней части сосуда с криогенной жидкостью, экран выполнен из газопроницаемого материала, имеет входные и выходные отверстия, и в нижней части экрана расположено съемное днище, причем экран соединен с сосудом с криогенной жидкостью с помощью двух ребер, установленных на сосуде и пересекающих оси входного и выходного отверстий в экране, на внешнюю поверхность экрана, верхние днища сосуда с криогенной жидкостью, нижнее днище экрана нанесена вакуумно-многослойная изоляция, а во входном и выходном патрубках корпуса размещены тонкостенные втулки из материала с высокой отражательной способностью, например алюминиевой фольги.

В результате внесения этих изменений в конструкцию ловушки автор работы [1] смог добиться только более эффек-



тивной тепловой защиты. Но при этом так и не решены проблемы расхода охлаждаемой жидкости и увеличения ресурса работы ловушки.

Для решения оставшихся проблем предлагается разместить экран 5 эксцентрично относительно сосуда 4, причем ось экрана смещена в сторону входного патрубка 2, это позволит намораживать на сосуде больше льда без перекрытия входного отверстия 7.

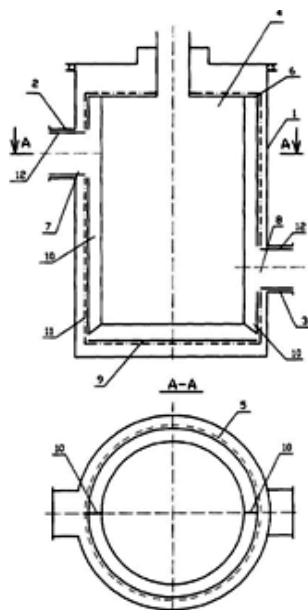


Рисунок 2 – Схема вакуумной ловушки

Кроме этого, после входного отверстия необходимо расположить рассекаль, который более равномерно распределит поток паров по холодным поверхностям экрана и сосуда.

Внесение таких изменений в конструкцию позволит добиться уменьшенного расхода хладагента и увеличить ресурс работы ловушки.

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВАКУУМНОЙ СУБЛИМАЦИОННОЙ СУШКИ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Шахрай Л. И.*

Сублимационная сушка – сушка пищевых продуктов, характеризующаяся фазовым переходом льда в пар в условиях глубокого вакуума.

При определенных условиях можно наблюдать существование одновременно трех фаз. Это состояние называется тройной точкой. Для воды тройная точка характеризуется следующими параметрами: давление пара 613 Па; температура 0,0098 °С. Пограничные кривые делят диаграмму на три области, в которых вода может находиться в виде жидкости, твердого тела или пара.

Сублимационная сушка широко используется в европейских странах, США, Китае для пищевых продуктов, лекарственных препаратов, ферментов, заквасок и др. В странах СНГ сублимационная сушка, в основном, применяется в медицинской промышленности. Имеются единичные установки, используемые для сублимационной сушки пищевых продуктов. Они рассчитаны на одновременную загрузку сырья от 300 до 1000 кг. Преимущества данного способа: значительная часть влаги испаряется, а, следовательно, снижается масса продукта, что упрощает его транспортировку; получаются продукты высокого качества; легко поглощают при восстановлении влагу (могут восстанавливаться даже в холодной воде); сильно увеличивается срок хранения, а значит, продукт легче реализовывать; сохраняют первоначальные объем, цвет, вкус, летучие компоненты; могут храниться длительное время в помещениях с нерегулируемой температурой.

Интенсивность процесса сублимации продуктов существенно повышается при понижении давления в сушильной камере, т. е. при реализации процесса в условиях вакуума. Поэтому в промышленности.

Процесс сублимационной сушки осуществляется именно в вакуумных установках, в которых парциальное давление обычно не превышает 70 Па (0,5 мм рт. ст.).

Вакуум-сублимационной установкой называют комплекс технологического оборудования, предназначенный для удаления из объекта обработки легколетучего компонента путем его перехода из твердого состояния в парообразное (минуя жидкую фазу) в условиях вакуума. Установки такого типа используют в химической промышленности для осуществления процессов разделения, а в биологической, медицинской и пищевых отраслях – для консервирования скоропортящихся продуктов посредством удаления части содержащейся в них влаги.

Современная вакуум-сублимационная установка включает сушильную (сублимационную) камеру, в которой расположен объект сушки (продукт) и средства энергоподвода, десублиматор с искусственно охлаждаемой поверхностью, на которой осаждается (десублимирует) удаленный из материала водяной пар, вакуум-насосы, создающие рабочий вакуум в сублимационной камере и непрерывно эвакуирующие из нее неконденсирующиеся газы, а также средства контроля и регулирования процесса сушки.

Сублимационные камеры представляют собой герметичные металлические горизонтальные аппараты чаще всего в форме цилиндра. Сублиматор соединен трубопроводом с конденсатом, в котором водяной пар из парогазовой смеси конденсируется на трубчатой или плоской поверхности теплообменного устройства. Для создания вакуума и удаления из сублиматора парогазовой смеси применяют различные механические и эжекторные вакуум-насосы, которые устанавливаются после конденсатора.

Существует несколько способов замораживания биомассы: контактное замораживание на охлаждаемых полках; конвективное замораживание охлажденным газом; комбинированное замораживание. Сублимационная сушильная установка (рис. 2) состоит из сушильной камеры, конденсатора-десублиматора и вакуум-насосной системы.

Конструктивное оформление отдельных элементов схемы обусловлено спецификой сублимируемого материала и стремлением организовать непрерывный и высокоинтенсивный процесс сушки. В промышленных сублимационных установках подвод энергии осуществляется в основном за счет теплопроводности, инфракрасного излучения, токами высокой частоты.

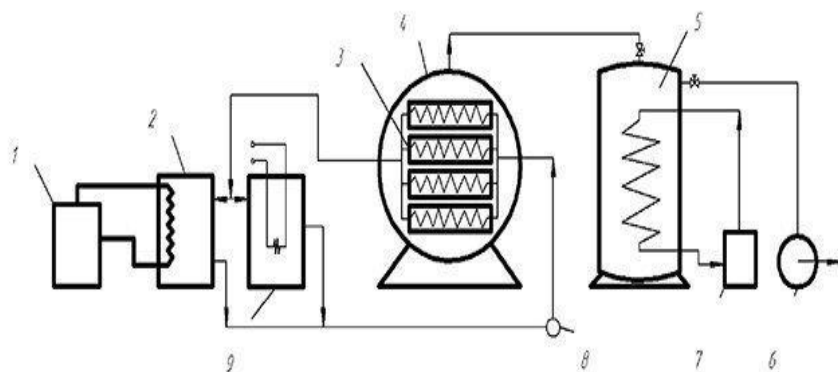


Рисунок 2 – Схема установки периодического действия:

- 1, 7 – холодильные установки; 2 – холодильник; 3 – полки;
- 4 – сублиматор; 5 – конденсатор; 6 – вакуум-насос; 8 – насос;
- 9 – емкость для нагрева теплоносителя

Применение сублимационной сушки с использованием комбинированного энергоподвода (ИК - излучения, энергии ультразвука и принудительного потока газа) позволяет снизить удельный расход энергии и увеличить способность к восстановлению бактерий из сухого концентрата. Наиболее эффективна сублимационная сушка в поле ультразвука и атмо-

сфере инертного газа. К тому же значительно сокращается удельный расход энергии по испаряемой влаге по сравнению с контактной сублимационной сушкой.

УДК 621.793

Казачёк А. А., Кагало В. Г.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОКРЫТИЯ CrN ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПВХ ПАНЕЛЕЙ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Комаровская В. М.*

При производстве панелей ПВХ пластическая масса после формовки требует дополнительной обработки поверхности. Для достижения более гладкой и ровной структуры используются калибровочные плиты (см. рисунок 1).

Горячие панели ПВХ проходят по калибровочной плите и скользя по ее поверхности оставляют в прорезях излишки материала, которые выводятся через внутренние отверстия.

В процессе работы плиты, основная нагрузка приходится на рабочую поверхность плиты, что, в конечном счете, приводит к частичному или полному ее износу. Существует ряд технологических способов обработки рабочей поверхности, направленных на ее упрочнение. Наиболее эффективным является покрытие из более твердых соединений.

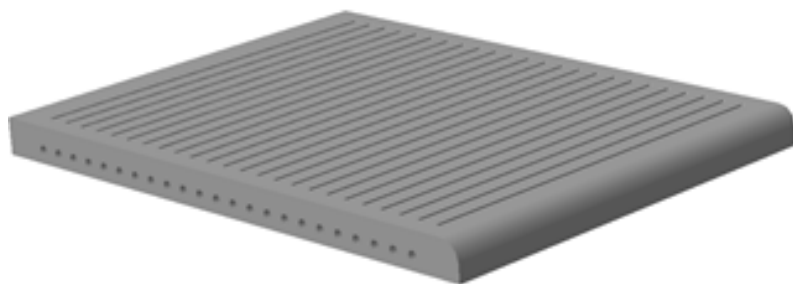


Рисунок 1 – Плита калибровочная

К одним из таких покрытий относятся нитриды. Высокая температура плавления многих нитридов, их механические и физические свойства (большая твердость, абразивная способность, тугоплавкость, пластичность при высоких температурах и др.) обуславливают широкий интерес к покрытиям на их основе.

В системе нитрида хрома существуют две нитридные фазы –  $\text{Cr}_2\text{N}$  и  $\text{CrN}$ . По сравнению с металлами IV и V групп металлы VI группы имеют меньшее химическое сродство к азоту, что затрудняет рост моноснитридных пленок. Пленки нитрида хрома, как правило, получают двухфазными, содержащими  $\text{Cr}$  и  $\text{Cr}_2\text{N}$ . При напылении с помощью реактивного магнетронного распыления получают как двухфазные пленки  $\text{Cr} + \text{Cr}_2\text{N}$ , так и моноснитридные однофазные. Покрытия имеют твердость 23 и 25 ГПа соответственно, что значительно превышает твердость материала инструмента. Также одним из плюсов покрытий из нитрида хрома являются высокие антиадгезионные свойства. Это является важным показателем при работе с ПВХ панелями.

На рисунке 2 представлены типичные зависимости микротвёрдости покрытий на основе сплава ВХ1-17 от давления азота при температурах конденсации 150, 300...350 и 500...600 °С, потенциале подложки -30 В, токе дуги 120 А, времени осаждения 60 мин.

Результаты свидетельствуют о том, что общая немонотонная закономерность изменений микротвёрдости от давления (см. рис.2) сохраняется и при осаждении в интервале температур 150...600 °С и соответствует характеру зависимостей от давления азота и отношения  $\text{N}/\text{Cr}$  в покрытиях (1-3). Однако проявляются следующие особенности:

1. При давлениях азота ниже 0,026 Па значения микротвёрдости покрытий, получаемых при относительно низких температурах (150 °С), оказываются выше, чем осаждаемых при более высоких температурах.

2. В области давлений азота 0,026...0,3 Па с повышением температуры подложки микротвёрдость покрытий достигает максимальных величин.

3. Максимумы значений микротвердости с повышением температуры подложки смещаются в направлении более высоких давлений азота при конденсации.

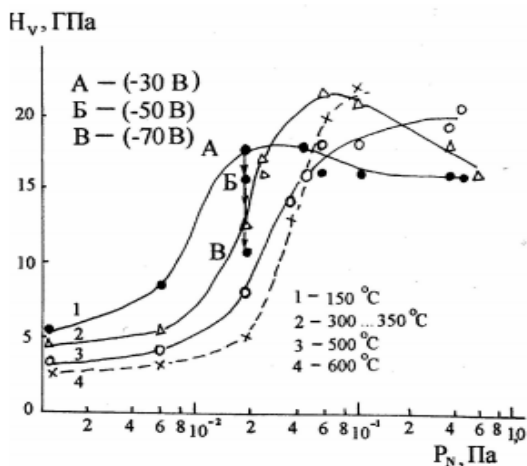


Рисунок 2 – Зависимость микротвердости покрытий от давления азота при различных температурах и потенциале

Средняя микротвердость нитрида хрома, получаемая на практике составляет  $25 \pm 3$  ГПа, что удовлетворяет необходимым условиям.

Нитрид хрома в настоящее время получает все большее распространение, хорошие характеристики получаемых покрытий позволяют его использовать в различных отраслях промышленности.

## **ПОЛУЧЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Вегера И. И.*

Порошки получают в основном механическими и физико-химическими методами. Наиболее широкое применение в производстве металлических порошков получили механические методы. При этом механическое измельчение путем дробления или размола целесообразно применять при производстве порошков хрупких металлов и сплавов – бериллия, хрома, марганца, сурьмы и других элементов. Для этих целей используют дробилки и мельницы различных конструкций.

Одним из наиболее эффективных методов получения металлических порошков является распыление струи расплавленного металла. Полученные из таких порошков детали отличаются повышенной прочностью и пластичностью, что обусловлено высокой скоростью остывания частиц порошка в процессе распыления жидкого металла.

Распыление и грануляция жидких металлов является одним из наиболее производительных методов получения порошков. Распыление расплава является относительно простым и дешевым технологическим процессом производства порошков металлов с температурой плавления до 1600 °С.

Сущность измельчения расплавленного металла состоит в дроблении струи расплава газом или водой при определённом давлении (распыление), либо ударами лопаток вращающегося диска (центробежное распыление), либо сливанием струи расплава в жидкую среду, например воду (грануляция).

Распыление может осуществляться потоком газа, соосно обтекающим струю расплава, обтекающим потоком газа,



направленным под некоторым углом к оси струи, и газовым потоком, направленным к оси струи под прямым углом.

Наиболее распространено распыление газовым потоком, при котором на свободно истекающую струю металлического расплава направлен под углом  $60^\circ$  к её оси кольцевой газовый поток, создаваемый соплами, охватывающими струю металла. В месте схождения всех струй газового потока происходит разрушение струи расплава в результате отрыва от неё отдельных капель.

На размер частиц, получаемого порошка, влияет диаметр струи расплава. Увеличение диаметра струи приводит к снижению количества мелких частиц в порошке, что связано с возрастанием массы расплава, поступающего в зону распыления в единицу времени. На практике, для расплавов с температурой плавления до  $1000^\circ\text{C}$  диаметр струи выбирают в пределах  $5 - 6$  мм, с температурой плавления до  $1300^\circ\text{C}$  –  $6 - 8$  мм и при более высокой температуре плавления –  $8 - 9$  мм.

При заливке в металлоприёмник расплав должен иметь температуру на  $150 - 200^\circ\text{C}$  выше температуры его плавления, что обеспечивает стабильное истечение струи, так как понижение температуры расплава в металлоприёмнике приводит к повышению его вязкости и поверхностного натяжения, в результате чего снижается выход мелких фракций порошка. В современных установках распыления металлоприёмники выполняются с обогревом, позволяя поддерживать оптимальную температуру струи расплава.

Одним из наиболее распространенных способов получения металлических порошков является восстановление металлов из их оксидов и других соединений. Методом восстановления получают, например, порошок железа, вольфрама, молибдена, кобальта, титана и других металлов. Восстановителями при этом могут служить газы (водород, природный газ и др.) и твердые вещества (сажа, кокс, щелочные металла и др.). В настоящее время разрабатываются технологии получения порошков железа непосредственно из руд путем их прямого вос-

становления. Полученный при этом порошок может быть переработан непосредственно в листы или металлическую ленту.

Способ получения металлического порошка распылением, включающий нагрев расплава в сталеплавильном агрегате, слив его в разливочный ковш, распыление сжатым воздухом с получением порошка-сырца, отличающийся тем, что для получения металлического порошка-сырца заданного гранулометрического состава распыление расплава осуществляют через шиберный затвор, жестко закрепленный на разливочном ковше и имеющий калибровочное отверстие диаметром 11–13 мм, при температуре расплава в зоне распыления 1400–1450°C.

Способ получения металлического порошка, включающий зажигание разряда в разрядной камере между двумя электродами, в качестве одного из которых используют твердый катод, выполненный из распыляемого материала в виде стержня, а в качестве другого – жидкий анод в виде электролита, отличающийся тем, что твердый катод выполняют диаметром 4, напряжение между ним и жидким анодом устанавливают 120–1000 В, ток разряда устанавливают 50–900 мА, а расстояние между твердым катодом и жидким анодом устанавливают 40 мм, при этом давление в разрядной камере устанавливают 20 кПа и процесс осуществляют при концентрации электролита в виде раствора солей от 2% до насыщения.

УДК 6 621.384

Кислянков В. В.

## **ВАКУУМНО-ДУГОВЫЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Латушкина С. Д.*

Возрастание требований, предъявляемых к надёжности металлообрабатывающей технике, обуславливает необходимость развития принципиально новых концепций синтеза или усоч-

вершенствования защитных покрытий. В настоящее время из широкого выбора ионно-плазменных методов получения покрытий на основе химических соединений металлов с неметаллами наиболее перспективным считается метод вакуумно-дугового осаждения. Полученные таким методом защитные покрытия обладают рядом уникальных эксплуатационных характеристик, обеспечивающих надёжность техники работающей в условиях сильного изнашивания.

Идея дополнительного модифицирования конденсатов путём увеличения количества составляющих элементов позволило регулировать спектр необходимых физико-механических свойств защитных покрытий в широком диапазоне. На основании этого недавно обнаруженные нитридные покрытия на основе высокоэнтропийных сплавов (ВЭС), содержащие не менее 5-ти составляющих элементов имеют научный интерес, а их синтез и интенсивное исследование свойств – актуальную задачу материаловедения. Металлические многокомпонентные высокоэнтропийные сплавы представляют собой новый класс материалов. Высокая энтропия смешения элементов в сплаве рассматривается как мера вероятности сохранения их системы в данном состоянии. Это обеспечивает повышенную термическую стабильность фазового состава и структурного состояния, а следовательно, и свойств сплавов – механических, физических, химических. Таким образом, в высокоэнтропийных сплавах, с одной стороны, появляется возможность образования и сохранения многоэлементного твердого раствора замещения как непосредственно после кристаллизации высокоэнтропийного сплава, так и при последующей термомеханической обработке, а с другой – в твердом состоянии сплав приобретет уникальные сочетания физико-механических характеристик. Так, разнообразнейшее комбинирование составляющих элементов и изменения физических параметров осаждения (давление рабочего газа и потенциал смещения подложки) позволяет изменять структурное состоя-

ние (размер зёрен, текстуру, остаточное напряжение) и свойства конденсатов в широких пределах.

На данный момент существует множество методов получения ВЭС: литьевой метод, механическое легирование, лазерное плакирование и др.

Одним из наиболее распространённых методов получения высокоэнтропийных сплавов является метод литья в комбинации с различными методами плавления: дуговым индукционным, электродуговым.

Наличие широкого диапазона составляющих элементов ВЭС позволяет получать разнообразные нитриды на их основе с требуемыми химическими и физическими свойствами.

Широкое применение в получении нитридных покрытий получил метод вакуумно-дугового осаждения. Главная особенность такого метода состоит в наличии потоков высокой ионизированной плазмы испаряемого материала. Между катодом и анодом возникает вакуумная дуга испаряющая материал катода с образованием так называемых катодных пятен. Однако в отличие от катодного распыления продуктом эрозии является не поток атомов, а ионов материала катода. При подаче высокого отрицательного потенциала на подложку высокая энергия частиц обеспечивает отчистку и активацию её поверхности за счёт бомбардировки ионами материала покрытия. При последующем нанесении покрытия происходит взаимная диффузия атомов покрытия и подложки, тем самым обеспечивая адгезию покрытия на уровне прочности атомной связи с подложкой.

Вследствие использования высокоэнергетических ионов поверхностный слой покрытия может сильно нагреваться, что делает невозможным применение данного метода к осаждению легкоплавких материалов.

Одним из главных недостатков вакуумно-дугового осаждения является наличие потока капель расплавленного материала микронного размера, включённого в покрытие в виде мак-

рочастиц, что пагубно сказывается на эксплуатационных характеристиках (нарушение однородности покрытия, снижение износостойкости, преждевременная коррозия и др)

Можно сделать вывод, что для решения этой проблемы следует использовать:

1. Эффективное охлаждение катода
2. Использование горячих анодов
3. Уменьшение средней плотности тока на катоде (позволяет снизить температуру катодного пятна).

УДК 663.284

Коваленко В. О., Бей К. И.

## **ОСОБЕННОСТЬ ПРОЦЕССА НАПОЛНЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ЕМКостей УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Вегера И. И.*

Наполнение пищевых ёмкостей (например винных бутылок) углекислым газом, технологическая операция, заключающаяся в вытеснении воздуха из бутылок перед розливом вина при помощи диоксида углерода. Рекомендуются для применения главным образом при розливе шампанских, игристых и шипучих вин с целью предотвращения растворения кислорода, наличие которого способствует развитию микроорганизмов, окислению различных восстановительных соединений (диоксифумаровой кислоты, цистеина, глутатиона и др.), повышению редокс-потенциала, приводящих к нежелательным изменениям цвета, вкуса и аромата вина. Простое вытеснение воздуха из бутылок углекислым газом не дает должного эффекта из-за их смешения. Положительные результаты достигаются, если перед заполнением бутылок углекислым газом воздух из них удалять вакуумированием. Содержание кислорода в бутылках при этом сокращается в 3-6 раз, значительно уменьшается концентрация кислорода в надвинном простран-

стве бачка разливочной машины. Для проведения этой операции используется специальный автомат карусельного типа. Основными рабочими узлами автомата являются подъемные пневматические цилиндры и распределительные головки, расположенные по кругу на равных по периметру расстояниях. Через распределительные головки с помощью специальных клапанов в бутылках создается вакуум и происходит их заполнение углекислым газом. Глубину вакуума и количество углекислого газа можно регулировать. Открытие и закрытие наполнительных клапанов осуществляется самой бутылкой в момент подъема и опускания. Вакуум (около 70кПа) создается специально непрерывно работающим вакуум-насосом; углекислый газ подается из баллона или от распределительного коллектора. Продолжительность вакуумирования бутылок равна продолжительности поворота карусели на 36°, а заполнения газом – на 44°. Остальное время расходуется на закрытие и открытие клапанов, загрузку и выгрузку бутылок. Фактическое заполнение бутылок углекислым газом составляет 75–77%.

На предприятии по розливу вин используется разливочная изобарическая машина. Данная машина выполняет следующие операции: продувку порожней бутылки углекислым газом для вытеснения воздуха через дроссельный клапан при избыточном давлении в дозаторе (расходном резервуаре) и в наполняемой таре, а также наполнение бутылки шампанским с вытеснением углекислого газа в расходный резервуар. Для предотвращения нагрева шампанского, приводящего к дешампанзации, машина должна обеспечить розлив вина при низкой температуре ( -5°C). С этой целью расходный резервуар изолируется, а бутылки предварительно охлаждаются.

## **ВЫБОР ХЛАДАГЕНТА ДЛЯ ПРОЕКТИРУЕМОЙ АГРЕГАТИРОВАННОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ**

*РНПЦ трансфузиологии и медицинских биотехнологий,  
г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Комаровская В. М.*

Комплексной агрегатированной холодильной машиной называют конструктивное объединение всех элементов холодильной машины в один или несколько блоков. Комплексные агрегатированные холодильные машины чаще всего применяются в системах охлаждения жидких хладоносителей.

Современные предприятия холодильного машиностроения большую часть своей продукции выпускают в виде холодильных агрегатов, поскольку агрегатированные поставки холодильного оборудования существенно сокращают и упрощают работу при монтаже холодильной машины. Выпуск низкотемпературного оборудования в виде холодильных агрегатов приводит к дополнительному сокращению затрат на их производство, упрощает эксплуатацию агрегатов и обслуживание систем холодильного оборудования, так как снижается номенклатура запасных частей.

В данной работе предлагается спроектировать холодильную машину, предназначенную для получения охлажденного раствора этиленгликоля, воды, или рассола, которые будут использоваться в целях технологической обработки и производства продуктов. Разработка комплексной агрегатированной хладоновой холодильной машины холодопроизводительностью 84 кВт вызвана необходимостью расширения диапазонов холодопроизводительностей холодильных машин для более гибкой эксплуатации их в нуждах производства. В Российской Федерации Московским предприятием ЗАО «ХОЛОД» выпускается в данном диапазоне холодопроизводительности

(при температуре охлаждающей воды на входе в конденсатор  $t_{w1} = 25^{\circ}\text{C}$  и температуре хладоносителя  $t_s = -10^{\circ}\text{C}$ ) комплексная холодильная машина марки МКТ-80-2-0 холодопроизводительностью 95 кВт. Использование этой машины для получения холода в количестве 95 кВт нецелесообразно, так как она обладает высокими капитальными затратами, энергоемка.

Действительный холодильный коэффициент проектируемой машины будет больше чем у базовой холодильной машины. Более высокий холодильный коэффициент говорит о более рациональном использовании мощности компрессора, что позволяет экономить на электроэнергии, необходимой на питание электродвигателя компрессора.

Проектируемая холодильная машина будет иметь меньшие размеры, а также меньший объем. Проектируемая холодильная машина будет представлять собой усовершенствованную версию базовой холодильной машины и будет иметь лучшие массогабаритные показатели и, следовательно, меньший объем.

В проектируемой холодильной машине будет использоваться современный альтернативный хладагент R134a. Применение хладагентов на основе гидрофторуглеродов (ГФУ) в качестве долгосрочной замены хлорфторуглеродов (ХФУ) и гидрохлорфторуглеродов (ГХФУ) как в системах охлаждения, так и в устройствах кондиционирования воздуха стало общепризнанным подходом в рамках Европейского сообщества.

Запрет на использование ГХФУ (в первую очередь, R22) в новом оборудовании действует с 2004 года.

Тем временем, такие охлаждающие вещества на основе гидрофторуглеродов, как R134a, все чаще приходят на смену устаревшим хладагентам (R22 в том числе) и внедряются почти всеми фирмами изготовителями комплектного оборудования. Однако возрастание значимости эффективности использования энергии ведет к тому, что выбору хладагента уделяется все больше внимания: ведь благодаря даже небольшому



изменению рабочих характеристик можно добиться значительного энергосбережения.

Соединения на основе гидрофторуглеродов (ГФУ) не разрушают озоновый слой (потенциал разрушения озона равен нулю) и исключительно эффективны в качестве хладагентов, поэтому их применение в перспективе ведет к существенной экономии энергии. Более того, при надлежащем хранении они не оказывают заметного влияния на процесс глобального потепления, что делает их использование более оправданным с точки зрения защиты окружающей среды. К тому же они являются негорючими, химически стойкими, нетоксичными, удобными в обращении и совместимыми со многими материалами.

Гидрофторуглероды также отличаются хорошими термодинамическими свойствами. Это означает, что они полностью удовлетворяют техническим условиям и требованиям к холодопроизводительности для разрабатываемых систем, а также для модернизируемых систем, в которых ранее использовался хладагент R502. Эти системы могут быть различными от небольших автономных холодильных установок до оборудования для супермаркетов и промышленного технологического оборудования. ГФУ лучший хладагент для новых систем, заменяющих те, в которых использовался R22.

УДК 621.512

Кривошеев Е. А., Корзун А. Д.

## **АНАЛИЗ МОДИФИКАЦИИ КЛАПАНОВ ДЛЯ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: д-р физ-мат.наук, профессор  
Асташинский В. М.*

Для поршневых компрессоров свойственны проблемы с клапанным узлом, а именно с пружинами прижимающими тарелки клапана, которые выходят из строя из-за воздействия

агрессивных сред (коррозионный износ). Пружина представляет собой деталь клапана, которая часто выходит из строя, сказываясь на надежности клапана и, тем самым, всего поршневого компрессора. Кроме того, со временем может возникнуть вибрация, то есть асимметрия, вследствие того, что пружины могут нарушить ход закрывающего клапанного элемента, допуская протечку. При использовании приводов в некоторых ситуациях, возникающих при работе клапана, давление пружины понадобится преодолевать с помощью усилия, создаваемого приводом. Эту проблему можно решить несколькими способами, один из них был рассмотрен и запатентован Тоньярелли Леонардо и Багальи Риккардо [1]. Проведем анализ данного технического решения и выделим плюсы модификации.

Традиционно всасывающие клапаны и клапаны сжатия, использующиеся в поршневых компрессорах, представляют собой автоматические клапаны с пружинами (см. рисунок 1).

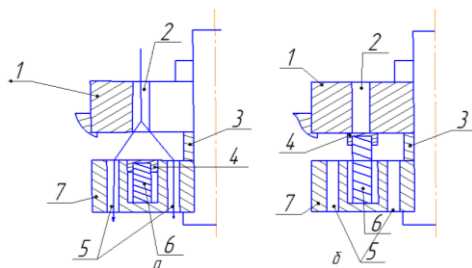


Рисунок 1 – Схема поршневого клапана:

а – клапан в открытом положении; б – клапан в закрытом положении

В открытом положении, изображенном на рисунке 2, закрывающий клапанный элемент 5, который соединен с контрседлом 3, расположен на некотором расстоянии от седла 2, обеспечивая возможность прохождения текучей среды через (1) впускное отверстие 1 через седло 2, (2) пространство между седлом 1 и контрседлом 2 и (3) через выпускные отверстия 4 через контрседло 3. Закрывающий клапанный элемент 5 может быть выполнен в форме диска, тарелки, нескольких

тарелок или кольца, при этом различие в форме определяет название клапана: дисковый клапан, тарельчатый клапан, мультитарельчатый клапан или кольцевой клапан.

Для устранения описанных выше проблем авторы работы [1] предлагают использовать клапаны без пружин. Одна из таких конструкций представлена на рисунке 2.

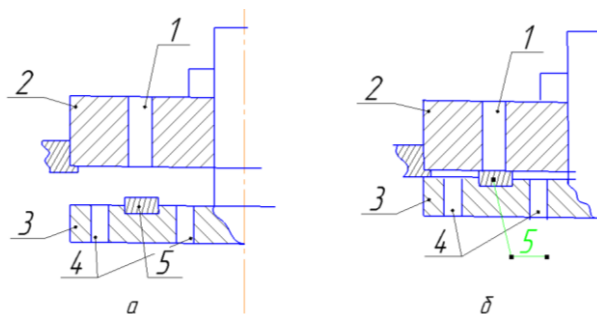


Рисунок 2 – схема приводного клапана компрессора:

а – клапан в открытом положении; б – клапан в закрытом положении

Впускное отверстие 1 и выпускное отверстие 4 могут проходить соответственно через седло 2 и контрседло 3, по существу, параллельно друг другу.

Исходя из вышеизложенных данных можно сделать вывод, что установка приводного клапана на компрессор приведет к увеличению его КПД, а так же снизит вероятность выхода из строя клапана.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ № 2000130511/28, 15.03. 2017 Клапанный узел, использующийся в поршневых компрессорах, поршневой компрессор и способ модификации компрессора // №2613149. 2012МПК F04В / Тоньярелли Леонардо Багальи Риккардо.

## НОВЫЕ СРЕДСТВА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: преподаватель Станкевич А. А.*

Технология РТТ: магнитолевитационный транспорт в вакуумной трубе. В Китае и лаборатория Юго-Западного университета Цзяотуна (Southwest Jiaotong University) реализуется долгосрочная программа научных исследований магнитолевитационной технологии ЕТТ (Evacuated Tube Transportation). Ее цель – создание сверхвысокоскоростного магнитолевитационного транспорта.

В основе программы лежит магнитолевитационная транспортная технология вакуумной транспортной трубы. Транспортное средство, представляющее собой капсулу в виде герметичного модуля небольшой вместимости, обладая левитационными качествами, разгоняется с помощью линейного син-хронного двигателя до номинальной скорости и далее передвигается в трубе к пункту назначения без дополнительных затрат мощности. В трубе, из которой выкачан воздух, вследствие чего практически нет аэродинамического сопротивления, можно достичь скорости 1000 км/ч и даже сверхзвуковых скоростей – до 8000 км/ч. Вакуумная транспортная труба (две трубы – в прямом и обратном направлениях) прокладывается под землей либо на эстакаде.

По мнению китайских ученых, использование вакуумной стальной трубы вместо вакуумного туннеля, как это предлагается в США, является более простым и дешевым в воплощении техническим решением. Вакуумная труба будет стоить менее 3 млн долл. США. Это значительно меньше, чем затраты на сооружение трассы для рельсового транспорта, движущегося со скоростью 600 км/ч. Пассажир занимает место в

капсуле и путешествует в вакуумной трубе диаметром 1.5 м. Воздух из трубы постоянно выкачивается. Капсула ускоряется с помощью линейного синхронного двигателя. Так как в вакуумной трубе практически нет аэродинамической сопротивления, то для движения капсулы на большей части пути практически не требуется затрат энергии. Кроме того, когда капсула тормозится, энергия регенерируется. В результате энергетические затраты на передвижение данного транспортного средства оказываются в 50 раз меньше, чем традиционного транспортного средства с электрической тягой. Оптимальная скорость движения по территории государства - 600 км/ч, между государствами – 6 500 км/ч. К примеру, расстояние между Вашингтоном и Пекином может покрываться за 2 часа. Путешествие вокруг света займет около 6 часов.

Капитальные затраты. На строительство магистрали с вакуумной трубой в 10 раз меньше, чем на диалогичную по протяженности рельсовую дорогу, и в 4 раза меньше чем на автостраду.

Проблемы реализации проекта:

- Материалы и технология строительства вакуумной трубы.
- Вакуумное оборудование.
- Технология создания, контроля и поддержания вакуума в трубе.
- Отвод тепла из транспортного средства.
- Конструктивные решения и бортовое оборудование для обеспечения герметичности транспортного средства.
- Защита вакуумной трубы от возможности электрического разряда в ней.

Реализация этого проекта требует затрат. Предстоит решить бесчисленные технические проблемы. Но уже сейчас видно, что сложности преодолимы. Пассажирские поезда, в два-три раза более скоростные, чем сверхзвуковые авиалайнеры, колоссальные межконтинентальные «грузопроводы», подвешенные в толще океанских вод. Если не к концу нынешнего столетия, то в начале следующего века капсулы,

скользящие в вакуумной среде на магнитной подушке, заменяют и вытесняют прочие виды транспорта.

УДК 621.793

Курчицкий М. А., Веретило Е. Г.

## **РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ХОЛОДИЛЬНОГО ВИНТОВОГО КОМПРЕССОРА**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Бабук В.В.*

В настоящее время широкое распространение получил способ регулирования производительности маслозаполненных холодильных винтовых компрессоров посредством одного золотника, изменяющего эффективную длину роторов. Однако, вследствие неизменности торцевой части окна нагнетания, у такого регулятора вместе с уменьшением производительности уменьшается и геометрическая степень сжатия, что приводит к увеличению потерь работы связанных с недосжатием пара хладагента.

В последнее время для регулирования производительности винтовых компрессоров, а также для регулирования геометрической степени сжатия при полной производительности, стали использовать регуляторы, состоящие из двух золотников. В этом случае торцевая часть окна нагнетания должна соответствовать начальной геометрической степени сжатия  $e = 4.5$ , а цилиндрическая –  $e = 2,6$  и при перемещении золотников геометрическая степень сжатия изменяется только за счет цилиндрической части окна нагнетания.

Изменять положение торцевых кромок окна нагнетания (ОН) можно поворотными заслонками. Возможно и одновременное изменение торцевых кромок ОН заслонками, а цилиндрических – золотником.

Такая конструкция регулятора позволяет регулировать  $E_1$  при полной производительности и получить произвольные законы изменения  $E_g$  при уменьшении производительности.

Было проведено экспериментальное исследование холодильного винтового компрессора ВХ-130

На рисунке 1 представлены зависимости изменения геометрической степени сжатия  $e$  от относительной производительности компрессора.

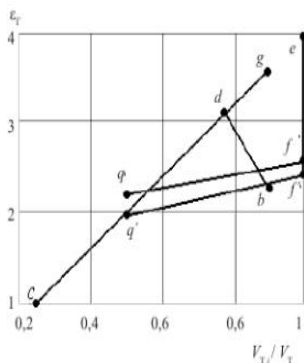


Рис. 1. Зависимость изменения геометрической степени сжатия  $e_T$  от относительной производительности  $V_{T1}/V_T$

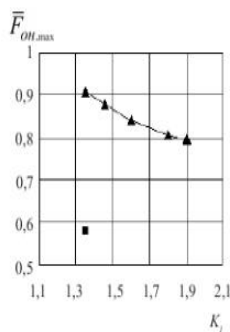


Рис. 2. Зависимость  $\bar{F}_{0M,max}$  от  $K_T$  при  $e_T = 2,6$ :

■ — экспериментальный компрессор;  
▲ — компрессор с профилем зубьев по [4] и соотношением числа зубьев 5/6

При регулировании двумя золотниками в сомкнутом состоянии при начальной величине  $e = 2,6$  линия  $f - e$  соответствует регулированию геометрической степени сжатия при полной производительности. После достижения максимального значения  $e = 4,0$  (точка  $e$ ) изменение  $e$  происходит по линии  $e - g - c$ . При регулировании производительности одним золотником изменение  $e$  происходит по линии  $b - d - c$ . Недостатком этого регулятора является ограниченность законов изменения геометрической степени сжатия при регулировании производительности.

С точки зрения технологических возможностей и получения максимально высоких характеристик винтовых компрессоров целесообразно использовать соотношения чисел зубьев 4/6; 5/6.

Рассмотрено 2 варианта профилей винтов. Профиль винтов экспериментального компрессора с числами зубьев ВЩ и ВМ винтов 4/6 и профиль винтов с соотношением числа зубьев ВЩ и ВМ винтов 5/6.

На рисунке 2 показана зависимость максимальной величины относительной площади окна нагнетания.

Вместе с тем, величина относительной длины линии контакта увеличивается с ростом числа зубьев ведущего винта.

Для расчета процесса нагнетания, который существенно влияет на эффективность работы винтового компрессора при регулировании производительности, необходимо знать зависимость изменения площади окна нагнетания от угла поворота ведущего винта. Это позволит определить влияние процессов натекания пара в ПП при недосжатии и нагнетания на эффективность работы винтового компрессора.

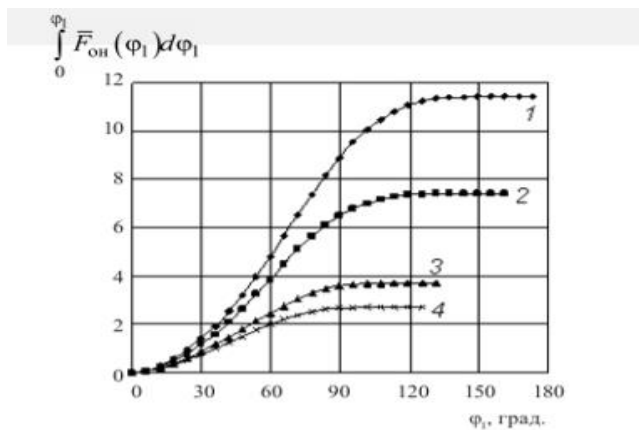


Рис. 3. Зависимость  $\int_0^{\varphi_1} \bar{F}_{\text{он}}(\varphi_1) d\varphi_1$  от  $\varphi_1$  для компрессора с профилем зубьев по [4] и соотношением числа зубьев 5/6:

1 —  $\epsilon_c = 2,6$ ; 2 —  $\epsilon_c = 3,0$ ; 3 —  $\epsilon_c = 4,0$ ; 4 —  $\epsilon_c = 4,5$

На рисунке 3 показана зависимость от угла поворота ВЩ винта для ВКМ соотношением числа зубьев 5/6.



Расчет индикаторной работы компрессора и потерь работы ВКМ связанных с недосжатием пара хладагента

Потеря работы компрессора из-за процесса натекания в случае, когда давление внутреннего сжатия  $P_a$  меньше давления нагнетания  $P_n$ , определялась как разница площади индикаторной диаграммы с учетом и без учета натекания из окна нагнетания. Наиболее эффективным является регулятор производительности винтового компрессора, состоящий из золотника и двух поворотных заслонок, причем поворот заслонок происходит независимо от перемещения золотника. На основании расчетного исследования величина индикаторного КПД компрессора увеличивается на 40%

УДК 666.11.01

Логвинов Р. Д.

## **МЕТОДЫ УПРОЧНЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СТЕКЛА**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: преподаватель Суша Ю. И.*

Прочность стекла определяется поверхностными дефектами. Существуют два принципиально различных способа борьбы с ними – повышение качества поверхности и создание в поверхностном слое остаточных сжимающих напряжений. Следует четко отличать упрочнение стекла от упрочнения стеклоизделия. Упрочненное в процессе выработки стекло в дальнейшем подвергается резке, обработке края, моллированию и другим технологическим операциям, снижающим прочность изготовленных из него изделий.

Механическая прочность листовых стекол зависит от многих факторов. Строгое постоянство состава расплава, поддержание оптимального распределения температуры во всей печи, четкое функционирование каждого из используемых формующих агрегатов - основа получения стекла со стабильными механическими параметрами. Прочность стекла, при произ-

водстве которого были приняты специальные меры, исключая возможность контакта с твердыми телами, составляет 1000–3000 МПа, тогда как стекло, полученное в заводских условиях, имеет прочность на порядок меньше.

Рассмотрим основные методы упрочнения изделий из стекла.

1. Повышение качества поверхности. Сущность метода сводится к уменьшению количества и глубины поверхностных микротрещин или увеличению радиуса кривизны их вершин. Повышение прочности, достигаемое путем уменьшения размеров трещины, физически не ограничено.

1.1. Механическая полировка. Механически полированное стекло (МПС), полученное путем шлифования и полирования, имеет прочность 50–150 МПа. Верхний уровень определяют визуально невидимые дефекты, находящиеся под полированной поверхностью. При правильной организации процесса шлифовки-полировки прочность повышается до 200–400 МПа. Для этого технологические параметры шлифовки должны быть такими, чтобы нижняя граница дефектного слоя, создающаяся данной фракцией абразива, не превышала дефектного слоя предыдущей фракции.

1.2. Огневая полировка. Воздействие коротким высокотемпературным пламенем, при котором поверхностные неровности сглаживаются под действием сил поверхностного натяжения, приводит к повышению прочности МПС до 100–250 МПа. Несколько большую прочность имеют стекла, подвергаемые огневой полировке в процессе выработки.

1.1.3. Химическая полировка

При травлении в водных растворах фтористоводородной кислоты (HF) прочность стекла повышается до 2000–5000 МПа. Механизм упрочнения стекла по Проктору заключается в увеличении радиуса закругления вершины трещины, что приводит к уменьшению локального напряжения.

Толщина стравленного слоя, приводящая к наибольшему повышению прочности, зависит от дефектности поверхности

и может изменяться от 5 до 500 мкм. При этом процесс “удаления” поверхностных дефектов сопровождается процессом “вывода” на поверхность внутренних дефектов.

Основным недостатком стекол, упрочненных путем повышения качества поверхности, является механическая, термическая и химическая повреждаемость. Прочность химически полированного стекла снижается более чем на порядок даже при слабом соприкосновении с такими предметами как бумага, дерево. Травление в HF сопровождается ухудшением оптических свойств, что исключает (или резко лимитирует) его использование для упрочнения изделий прецизионной оптики.

2. Создание остаточных сжимающих напряжений. Поверхностное сжимающее напряжение искусственно снижает приложенное к телу внешнее растягивающее напряжение, обеспечивая тем самым повышение прочности на величину сжимающего напряжения.

Существует три способа создания сжимающих напряжений: изменение термического коэффициента линейного расширения (ТКЛР) поверхностного слоя, закалка и ионообменная обработка. В отличие от метода повышения качества поверхности в данном случае концентрация и размеры поверхностных дефектов, как правило, возрастают.

2.1. Изменение ТКЛР поверхностного слоя. Если ТКЛР поверхностного слоя стекла при высокой температуре снизить на некоторую величину относительно остальной части, то в этом слое на стадии охлаждения возникают сжимающие напряжения.

2.2. Закалка. При быстром охлаждении размягченного стекла сначала затвердевают наружные слои, в то время как во внутренних слоях сохраняется высокая температура. Поверхностные холодные слои препятствуют свободному сокращению внутренних участков и при дальнейшем охлаждении наружные слои сжимаются, а внутренние растягиваются. “Замораживание” вязкотекучих деформаций сопровождается возникновением структурного градиента; менее плотная

структура фиксируется в наружных слоях. Этот метод известен также как термическое или физическое упрочнение.

С увеличением интенсивности охлаждения  $Q$  и толщины стекла  $H$ , образующиеся в нем сжимающие напряжения возрастают.

Преимущества закаливания в жидких средах перед воздушной заключаются в возможности более широкого регулирования интенсивности охлаждения, что важно при упрочнении стекол тонких номиналов и с низким ТКЛР. Но оно связано и с большими технологическими трудностями, обусловленными временными термоупругими напряжениями. Эти напряжения способствуют образованию посечек на торцах стеклоизделия и его разрушению, снижая выход годной продукции. Определенные сложности возникают при закалке крупногабаритных изделий и изделий с острыми углами вследствие неодновременного погружения различных по высоте участков в закалочную жидкость. Возникающие при этом перепады температур могут привести к разрушению изделия и изменению степени его закалки по высоте. Достаточно сложным остается вопрос стабилизации процесса охлаждения - переход от пленочного режима кипения к пузырьковому сопровождается значительными колебаниями интенсивности охлаждения.

2.3. Ионообменное упрочнение. Суть метода сводится к замене в поверхностном слое стекла щелочного иона меньшего радиуса на более крупный щелочной ион из внешнего источника при температуре ниже  $T_g$ . В научной литературе он известен также под названиями низкотемпературного ионного обмена, ионной набивки и химической закалки.

Высокие сжимающие напряжения, образующиеся в стекле при его обработке в расплаве  $KNO_3$ , обеспечивают более высокое приращение прочности по сравнению с закалкой, а небольшие растягивающие напряжения в центральной зоне - исключают его саморазрушение при хранении, царапании, резании, сверлении. Неоспоримые преимущества ионообменной техноло-

гии проявляются при упрочнении тонких стекол, стеклоизделий сложной конфигурации, в том числе полых и переменной толщины. Особые технические трудности не возникают при упрочнении как очень мелких, так и очень крупных изделий. Существенно и то, что ионообменный метод позволяет создавать остаточные сжимающие напряжения при температурах ниже  $T_g$ . Это исключает вязкую деформацию стеклоизделий.

Несмотря на эти очевидные преимущества, масштабы использования ионообменного метода все еще уступают масштабам использования закалки. Две причины можно выделить: влияние состава стекла на степень упрочнения и высокая чувствительность упрочненного стекла к абразивным воздействиям

Листовые стекла, благодаря хорошим варочным и выработочным свойствам, а также низкой стоимости, получили исключительно широкое распространение - более 90% стекла, производимого в мире, относится к стеклу этого класса. Если же говорить о конкретном методе упрочнения, то закалка является самым распространенным методом упрочнения стекла, где его техническая целесообразность и экономическая эффективность становятся несомненным.

УДК 658.5.012.1

Макаревич В. И., Виноградов И. А.

## **АДДИТИВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Вегера И. И.*

На выходе аддитивного производства может получиться законченное изделие, либо оснастка или же деталь, требующая термообработки, финишной обработки или сборки. Аддитивное производство включает в себя следующие технологии: технология спекания порошка; экструзионная технология; технология литья уретана; технология впрыска связующего; технология листового наслоения; технология фотополимери-

зации в ванне и технология синтеза с локальным подводом энергии. Ниже подробно рассмотрим данные технологии:

- в технологии спекания порошка расходными материалами могут быть как пластик, так и металл. Здесь используется лазер, спекающий заданную форму в заранее нанесенном слое порошка. Технология применяется для изготовления функциональных узлов и деталей со сложной геометрией.

- в экструзионной технологии нить, обычно из термопластика, подается в печатную головку, где нагревается до полужидкого состояния и затем выдавливается слой за слоем через специальное сопло, мгновенно твердея.

- литье уретана – это технология, в которой жидкий силиконовый каучук заливается вокруг мастер-модели, получаемая таким образом литейная форма снимается с мастер-образца и отвердевает, после чего применяется для литья уретановых деталей.

- при листовом наслоении листы бумаги, пластика или металла скрепляются вместе с помощью клея, термической сварки или крепежа (болтов или заклепок).

- фотополимеризация в ванне – процесс, при котором предварительно осажденный фотополимер селективно облучается ультрафиолетовым лазером. Под его воздействием соседние полимерные цепи зацепляются друг за друга. Технология применяется в медицине.

- синтез с локальным подводом энергии – это когда осаждаемый материал плавится тепловой энергией непосредственно в точке синтеза. Применяются проволока или порошковые материалы, которые расплавляются под действием лазера или пучка электронов. Данный процесс эффективен при наплавке или при ремонте уже готовых деталей.

Преимущества аддитивного производства. Основное преимущество аддитивного производства: 1) при изготовлении ряда деталей можно избавиться от некоторых технологических процессов; 2) можно изготовить деталь целиком, чтобы отпала необходимость в сборке; 3) 3D печать позволяет изгото-

тавливать очень точные детали со сложной геометрией и сложными проходными сечениями; 4) технологии аддитивного производства имеет смысл применять, если некая редкая деталь нужна где-то далеко.

Недостатки аддитивного производства. Данные рассмотренные технологии аддитивного производства имеют немало достоинств, есть и недостатки: 1) очень высокая стоимость промышленных принтеров; 2) производителей таких установок мало; 3) расходные материалы дорогие, а возможности их повторного использования в производственном процессе ограничены; 4) рабочие допуски для продукции аддитивного производства меньше, чем для заготовок, подлежащих механической обработке.

УДК 621.785.5

Маньковский Д. С., Воробьёв Д. Д.  
**ВАКУУМНАЯ ОБРАБОТКА СТАЛИ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Латушкина С. Д.*

Одним из основных способов вакуумной обработки сталей является: вакуумная обработка жидкой стали в ковше (рисунк 1). Данный способ является наиболее простым и дешевым, что способствовало широкому его распространению. В этом способе ковш с жидкой сталью помещается в вакуумную камеру, в которой при помощи вакуумных насосов (обычно парожеткторного типа) создается разрежение  $13,33-1999,83 \text{ н/м}^2$  или Па (0,1-15 мм рт. ст.). Во время выдержки длительность которой (5-25 мин) зависит от количества и состава вакуумированной стали, происходит выделение газов ( $\text{H}_2$ , CO,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ).

На крышке камеры обычно имеется устройство для введения в металл раскисляющих и легирующих добавок, которые добавляются после дегазации. По окончании вакуумирования открывают камеру, извлекают ковш и разливают сталь обычным способом на воздухе.

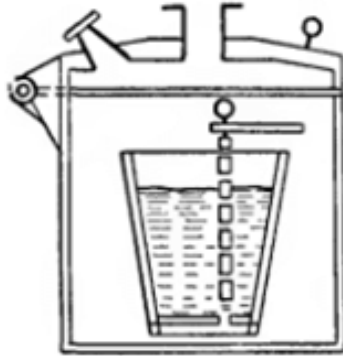


Рисунок 1 – Схема вакуумной обработки стали в ковше

В результате вакуумирования стали в ковше, также как и при других способах дегазации, достигается снижение содержания газов в металле – кислорода, азота и особенно водорода; соответственно уменьшается загрязненность стали оксидными неметаллическими включениями. Степень снижения содержания газов в значительной мере определяется степенью раскисленности металла.

Предпочтительно проводить дегазацию нераскисленного или неуспокоенного металла с последующим раскислением и легированием его под вакуумом. При вакуумной обработке такого металла достигается наиболее высокая степень дегазации и раскисления.

Например, вакуумная обработка шарикоподшипниковой стали ШХ15 до ее раскисления кремнием и алюминием позволяет уменьшить содержание кислорода в металле на 40%, снизить количество неметаллических включений примерно в два раза и понизить концентрацию водорода на 50%.

Для повышения интенсивности перемешивания металла, а следовательно, улучшения условий дегазации иногда совмещают вакуумную обработку с продувкой металла нейтральным газом (аргоном), подаваемым в ковш с металлом через специ-



альную футерованную трубу. Для этих же целей применяется электромагнитное перемешивание металла в ковше.

Недостатком вакуумирования в ковше является ограниченная продолжительность обработки вследствие довольно значительного охлаждения металла и разливка вакуумированной стали на воздухе, что приводит к повторному поглощению газов. Для поддержания необходимого температурного режима возможен дуговой или индукционный подогрев металла в ковше. Для исключения повторного поглощения газов применяют разливку вакуумированного металла в защитной атмосфере.

УДК 621.793.1

Мартинкевич Я. Ю.

## **ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Комаровская В. М.*

При магнетронном распылении кроме напыляемого материала подложку бомбардируют ионы и электроны, как схематично показано на рисунке 1. Кроме того, должно приниматься во внимание излучение от плазмы, а иногда и от горячей поверхности мишени.

Воздействия высокоэнергетичных частиц на поверхность твердого тела приведены на рисунке 1 [1], из этого рисунка ясно, что энергия частиц значительно влияет на процесс роста покрытия.

Многие авторы сообщают о зависимости свойств покрытий от параметров осаждения, например, рабочего давления, мощности разряда и температуры подложки, но в тоже время недостаточно данных о прямой корреляции между параметрами плазмы, такими как энергия ионов, температура электронов, отношение распыленных атомов к отраженным ионам на подложке и характеристиками пленок.

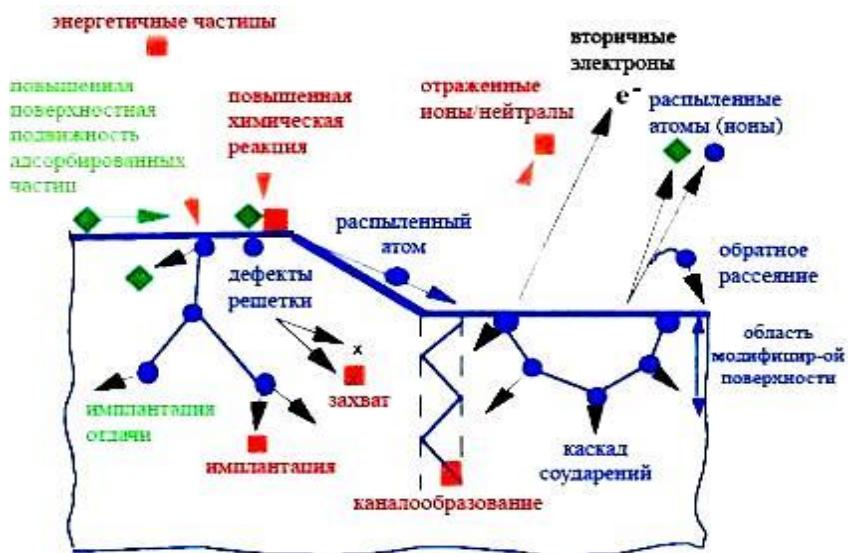


Рисунок 1 – Воздействие высокоэнергетических частиц на поверхность твердого тела

Важным параметром при нанесении покрытий является тепловая мощность или энергия, подводимая магнетроном, которая определяет равновесную температуру подложки и растущей пленки. В то время как тепловая мощность для высокочастотного магнетронного разряда почти не зависит от рабочего давления, в разряде на постоянном токе происходит существенное уменьшение тепловой мощности подложки при увеличении давления с 0,08 до 0,8 Па. В большинстве случаев тепловое воздействие на подложку в ВЧ разряде больше, чем в разряде на постоянном токе (при одинаковой средней мощности) [2]. Энергия, подводимая к подложке (и растущей пленке), является результатом воздействия различных частиц:

- электронов и ионов из плазмы ( $P_e$  и  $P_i$ );
- нейтральных частиц, которые формируют пленку;
- (быстрых) нейтральных частиц рабочих газов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Wendt R. Thermal power at a substrate during ZnO:Al thin film deposition in a planar magnetron sputtering system. / R. Wendt, K. Wiesemann. – J. Appl. Phys., 2006. – P. 2115–2122.
2. Mattox, D.M. Particle bombardment effects on thin-film deposition: A review. / R.K. Waits. – Vac. Sci. Technol., 2002. – № 3. – P. 1105–1114.

УДК 621.793.1

Мартинкевич Я. Ю.

### **МАГНЕТРОННЫЙ РАЗРЯД ПРИ НАНЕСЕНИИ ПОКРЫТИЯ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Комаровская В. М.*

Основной особенностью магнетронного разряда является локализация плазмы перед мишенью (катодом) [1]. Это достигается за счет комбинации электрических и магнитных полей. Величина напряженности магнитного поля составляет приблизительно 50–200 мТл, так чтобы электроны находились под влиянием магнитного поля, а ионы нет. Электроны, находящиеся в скрещенных электрических и магнитных полях, движутся по траектории типа циклоиды, что приводит к очень высокой эффективности ионизации. Поэтому, магнетронный разряд может поддерживаться при низких давлениях ( $<10^{-2}$  Па) и/или более высоких плотностях тока, чем в обычном тлеющем разряде.

Принципиальная схема магнетронного разряда показана на рисунке 1. Поверхность мишени, находящаяся над полюсами магнитной системы, интенсивно распыляется и имеет форму замкнутой дорожки, геометрия которой определяется магнитной системой.

При подаче отрицательного напряжения на катод возбуждается аномальный тлеющий разряд. Наличие магнитного поля позволяет локализовать плазму разряда у мишени. Эмити-

рованные с катода под действием бомбардировки ионами рабочего газа электроны захватываются магнитным полем, им сообщается сложное циклоидальное движение по замкнутым траекториям у поверхности мишени.

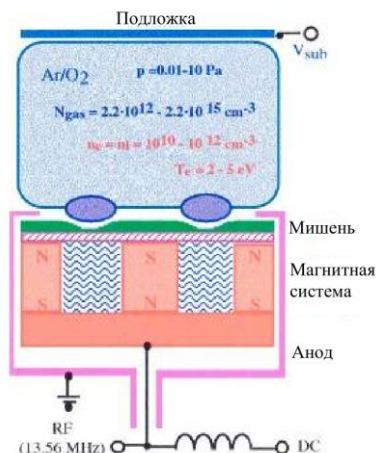


Рисунок 1 – Принципиальная схема магнетронного разряда

Электроны оказываются в ловушке, создаваемой с одной стороны магнитным полем, возвращающим электроны на катод, а с другой стороны мишенью, находящейся под отрицательным потенциалом, отталкивающей электроны. Электроны осциллируют в этой ловушке, пока не произойдет несколько ионизирующих столкновений с атомами рабочего газа.

Таким образом, большая часть энергии электрона используется на ионизацию и возбуждение, что значительно увеличивает эффективность процесса ионизации и приводит к росту концентрации положительных ионов у поверхности мишени. Это обуславливает увеличение интенсивности ионной бомбардировки мишени и значительный рост скорости распыления [2].

Распределение потенциала между мишенью и подложкой является основой процесса напыления пленки. Это распределение определяет энергию ионов и нейтральных частиц, кото-

рые влияют на процесс осаждения покрытий. Параметры разряда, такие как рабочее давление, мощность разряда, конфигурация магнитного поля (сбалансированный или несбалансированный магнетроны) и способ питания (постоянным током, высокочастотное питание и др.) влияют на распределение потенциала, следовательно, и на энергию частиц.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Hofer W.O. Ion-induced electron emission from solids. / W.O. Hofer. – Scan. Microsc. suppl., 1990. – P. 265–310.
2. Waits R.K. Planar magnetron sputtering. / R.K. Waits. – Vac. Sci. Technol., 2002. – № 2. – P. 179–187.

УДК 621.793.1:539.234

Михайлов Д. А., Клименок М. Ю.

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВАКУУМНОЙ ТЕХНИКИ В СОВРЕМЕННОЙ НАУКЕ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. физ.-мат. наук, доцент Босьяков М. Н.*

Современные научные исследования зачастую связаны с использованием оборудования сверхбольших габаритов, длиной в несколько километров или весом в несколько миллионов тонн. Такое оборудование имеет множество затруднений при эксплуатации, одно из которых создание необходимых условий для эксперимента или исследования.

Например, гравитационная обсерватория LIGO (англ. Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) – лазерно-интерферометрическая гравитационно-волновая обсерватория, конструкция которой представляет собой два взаимно перпендикулярных туннеля, длиной в 4 километра и диаметром в 1,24 метра каждая. Для создания нужной среды, чтобы минимизировать все звуковые и физические помехи, требуется создать в туннелях сверхвысокий вакуум, и поддерживать

его длительное время. Откачиваемый объём очень велик – около 10 000 м<sup>3</sup>, но благодаря Рональду Деверу из Калифорнийского технологического института и Райнеру Вайссому из Массачусетского технологического института, которые построили сложную вакуумную систему, состоящую из механических форвакуумных насосов, турбомолекулярных насосов, криоловущек и ионных насосов, это стало возможным. Всего достижение рабочего вакуума с промежуточным отжигом в LIGO занимает 40 суток. Благодаря чему гравитационный детектор LIGO зафиксировал следы слияния необычной пары черных дыр. Это открытие указало на возможность объединения черных дыр в пары через долгое время после их формирования и подтвердило теорию относительности Эйнштейна.

Другой пример – существующие экспериментальные термоядерные установки производят небольшое количество тепловой энергии за счет синтеза. Но ИТЭР (ITER, International Thermonuclear Experimental Reactor) – первый в мире экспериментальный термоядерный реактор, будет производить тепло на уровне промышленной электростанции, и способствовать решению многих ключевых технических проблем, возникающих при использовании термоядерного синтеза в качестве практического источника энергии. Одной из основных систем функционирования ИТЭР является вакуумная система, которая на сегодня считается сложнейшей вакуумной системой в мире. Гигантские криосорбционные и криоконденсационные помпы, 10 километров вакуумопроводов, система поиска утечек среди тысяч труб, 10300 м<sup>3</sup> объема сверхвысокого вакуума, более 400 вакуумных насосов. Из-за такой сложной системы, обслуживание и ремонт реактора затруднён, поэтому для упрощения эксплуатации, было принято поделить систему на блоки: система откачки тора (вакуумной камеры); система откачки инжекторов нейтрального луча (NBI); вакуумная система криостата; форвакуумная система; сервисный вакуум для диагностик (например рентгеновских или масс-

спектрометрических); системы откачки для ECRH; система локализации утечек. Самыми необычными элементом вакуумной системы является связка криопомп. Работа ИТЭР строится на постоянном обороте вещества через реактор – каждые 80...100 секунд плазменный объем полностью обновляется. При этом успевают прореагировать только 2% трития и дейтерия – остальное вместе с наработавшимся гелием и загрязнениями уходит в криосорбционные насосы, где газы поглощаются специальными панелями, покрытыми активированным углем из кокоса (который был выбран из 450 возможных сорбентов), охлаждаемым до 4,5К текущим внутри гелием. Поскольку объем газов, которые можно запихнуть в кокос, не беспредельны, помпа получается периодического действия – подключаясь к объему, сначала она адсорбирует на себе определенный объем дейтерия, трития и гелия, затем закрывается пневмоприводом, прогревается до 475К (200 С) и выделяющиеся газы откачиваются вторым набором форвакуумных помп – тех самых криоконденсационных. После чего помпа вновь захлаживается до 4,5 К.

Один из важнейших и популярных примеров, является большой адронный коллайдер сокращённо БАК (англ. Large Hadron Collider, сокращённо LHC) – ускоритель заряженных частиц на встречных пучках, предназначенный для разгона протонов и тяжёлых ионов (ионов свинца) и изучения продуктов их соударений. Для регистрации продуктов столкновения частиц, необходима вакуумная среда, что осложняется тем, что рабочая длина тунеля составляет 26973 метра. Проблема была устранена с помощью огромного количества (около 1200) форвакуумных, криосорбционных и криогенных насосов, и сегментированным строением тунеля (около 1700 сегментов), что облечает эксплуатацию и ремонт. Предельный вакуум, которого можно достичь на установке  $\sim 10^{-7}$  Па, что является одним из двух самых больших разрежений в мире, благодаря чему в процессе работы было объявлено об открытии новой частицы. Вакуумные технологии

зачастую используются в научных исследованиях, для создания необходимых условий при проведении эксперимента, или для изучения свойств объектов в интересующей среде.

УДК 621.52

Опиок А. А.

## **ВАКУУМНЫЕ СИСТЕМЫ УСТАНОВОК ИОННОГО АЗОТИРОВАНИЯ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. физ.-мат. наук, доцент Босяков М. Н.*

К вакуумной системе установки ионного азотирования предъявляется ряд требований, выполнение которых обеспечивает возможность проведения данного технологического процесса при давлении 80 – 500 Па:

– вакуумная система должна обеспечить получение требуемого давления в откачиваемом объеме, при этом предварительное давление составляет 30 – 40 Па. Для удовлетворения этого требования вакуумная система должна быть герметичной и снабжена соответствующими средствами откачки, измерения давления, коммутирующими и разъемными элементами.

– вакуумная система должна обеспечить возможность получения требуемой быстроты откачки объема. Для этого вакуумная система должна иметь определенную проводимость, а применяемый вакуумный насос должен обладать необходимой быстротой действия.

– при применении автоматических систем управления технологическими процессами вакуумная система должна быть оснащена набором различных датчиков, осуществляющих передачу информации на управляющую ЭВМ.

– технологический процесс ионного азотирования, осуществляемый на вакуумных установках, часто длится многие десятки часов, поэтому вакуумная система должна быть высо-



конадежной при эксплуатации и иметь длительный межремонтный период.

В зависимости от объема рабочей камеры установки, диапазона рабочих давлений и расходов газа, вакуумная система должна иметь один или два форвакуумных насоса и один двухроторный насос, электродвигатель которого подключается к сети через частотный преобразователь. Такая схема позволит достаточно быстро обеспечить в камере предельное давление для начала технологического процесса, а также за счет управления скоростью откачки двухроторного насоса – широкий диапазон рабочих давлений и расходов газа.

Вакуумная схема установки ионного азотирования, представленная на рисунке 1, способна обеспечить в вакуумной камере с объемом до 6 м<sup>3</sup> рабочее давление в диапазоне 80-500 Па при суммарном расходе газовой смеси до 150 литров в час.

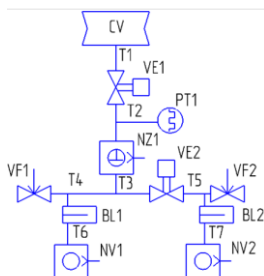


Рисунок 1 – Вакуумная схема установки ионного азотирования: CV – вакуумная камера; NZ1– насос вакуумный двухроторный; NV1, NV2 – насос вакуумный золотниковый; PT1– вакуумметр теплоэлектрический; VF1, VF2 – клапан напуска в насос; VE1, VE2- клапан электропневматический

Вакуумная система имеет три вакуумных насоса: двухроторный насос NZ1 типа ДВН-150, который обеспечивает получение среднего и низкого вакуума, а насосы NV1 и NV2 (АВЗ-20Д) создают предварительное разрежение. Вакуумметр PT1 необходим для проверки работоспособности насосов

NZ1, NV1 и NV2. Клапана VF1 и VF2 служит для напуска воздуха в насос NV2 при закрытии клапана VE2 или VE1. Ловушки BL1 и BL2 служат для предотвращения попадания паров масла в вакуумную камеру.

При первичной откачке камеры (нестационарный режим) работают оба насоса NV1 и NV2 и насос NZ1, а в стационарном режиме – при проведении технологического процесса – один из форвакуумных насосов может быть отключен.

Для поддержания в камере необходимого давления при заданном расходе рабочей газовой смеси электродвигатель двухроторного насоса может вращаться с частотой меньше, чем 50 Гц, тем самым снижая скорость откачки до необходимого уровня.

УДК 004.7

Петушков А. А.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ**

*УО «ГГУ им. Ф. Скорины», г. Гомель*

*Научный руководитель: канд. физ.-мат. наук, доцент Жадан М. И.*

Целью разработки является создание системы, позволяющей воссоздать работу огнестрельного оружия путём передачи ИК-сигналов, с последующей их регистрацией, в случае попадания. Разработанная система позволит сэкономить средства на обучение военнослужащих и лиц, желающих улучшить свои навыки владения оружием.

Основное преимущество разрабатываемой системы перед существующими аналогами, такими как пейнтбол и страйкбол – отсутствие человеческого фактора, т.к. попадания регистрируются системой, без участия человека, а так же возможность реализовать любые поведенческие факторы оружия такие как: осечка, отдача, скорость стрельбы, и другое.

Разработанная система представляет собой совокупность конечных автоматов, выполняющихся параллельно и обмени-

вающихся между собой сообщениями. Для обмена данными между различными устройствами системы разработан протокол передачи информации, который удовлетворяет следующим требованиям:

- необходимо, чтобы передача данных происходила набором величин, которые будут описывать, от какого устройства пришли данные и сами данные (формировать пакет данных);
- необходимо, чтобы размер одного пакета был минимальным. Этим мы уменьшим количество поврежденных пакетов при передаче, а так же саму скорость передачи;
- также, при использовании бита чётности, мы можем указывать контрольную сумму пакета, в свою очередь это позволит вычислять поврежденный пакет.

На рисунке 1 представлена часть схемы, отвечающая за моделирование поведения ИК-передатчика и ИК-приёмника, так же к ним подключены осциллографы, для контроля передачи и приёма сигнала, в случае замыкания цепи и совершения выстрела происходит приём данных, т.е. ИК-светодиод направлен на ИК-приёмник. В случае приёма данных происходит их дальнейшая обработка. Если разомкнуть переключку и осуществить выстрел произойдёт передача данных, но данные приняты не будут, т.е. выстрел не попал в цель.

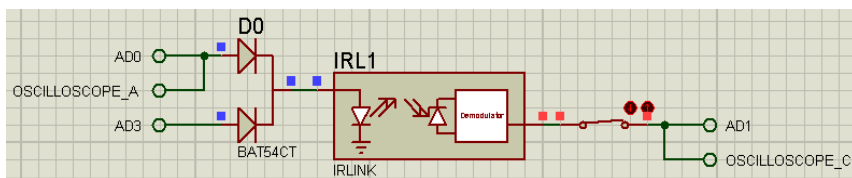


Рисунок 1 – Моделирование поведения выстрела

Пользователь осуществляет взаимодействие с устройством передачи информации, имитирующим работу огнестрельного оружия, посредством ИК-излучений через отображение информации на дисплее, содержащем соответствующее меню

разработанного программного обеспечения, реализующего указанные выше действия.

Разработанная система значительно удешевляет процесс обучения и делает его более безопасным по сравнению с классическими способами военного обучения.

УДК 624.014.2

Пула К. Ю.

## **ПОЛОГИЕ ДВУХСЛОЙНЫЕ АРОЧНЫЕ СВОДЫ ИЗ СТАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ХОЛОДНОГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ ТИПА МІС В ПОКРЫТИЯХ ЗДАНИЙ**

*Брестский государственный технический университет, г. Брест  
Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Уласевич В. П.*

Капитальное строительство жилых производственных и общественных зданий чаще всего сопровождается существенными материальными и временными затратами, необходимыми для их возведения. При этом, общие стоимостные затраты в условиях длительной их эксплуатации существенно зависят от затрат на покрытие и кровлю. Так при усредненном сроке службы фундаментов, каменных стен и железобетонных перекрытий зданий в 150 лет, кровля из рулонных материалов в 2÷3 слоя может эксплуатироваться без ремонта 8÷10 лет. Поэтому увеличить долговечность кровли и снизить материалоемкость несущих конструкций покрытия – задача актуальная как в научном, так и в практическом плане.

В настоящее время широкое применение получили бескаркасные арочные здания из стальных тонкостенных холодногнуто-профилей (СТХП). Мировым лидером здесь является корпорация МІС Industries Inc (США)[1], разработавшая мобильный комплекс автоматических строительных машин (АСМ), позволяющий готовить профили МІС-120 и МІС-240 (рисунок 1).

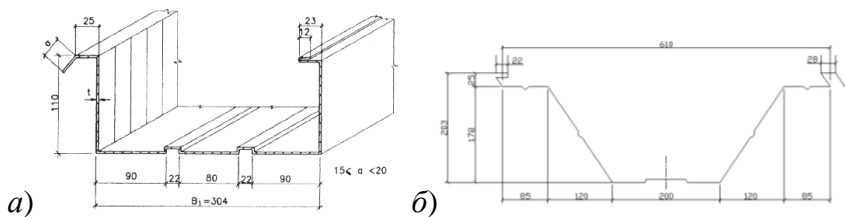


Рисунок 1 – Схема сечений прямолинейных СТХП типа МІС:  
*а) – профиль МІС-120; б) – профиль МІС-240*

Бескаркасные арочные здания обладают высокой несущей способностью при относительно низкой себестоимости, а также повышенной долговечностью (40÷50 лет) в процессе эксплуатации. Указанные преимущества стимулировали ученых и проектировщиков на применение технологии строительства бескаркасных зданий из СТХП в покрытиях традиционных жилых и производственных зданий. Для этого потребовалось решить ряд задач, возникших в связи с переносом подъемистого бескаркасного арочного свода ( $f/L=1.2\div 1.4$ ) с уровня фундамента на отметку покрытия здания, с очертанием его геометрии в виде пологого цилиндрического свода ( $f/L=1.8\div 1.12$ ). Расчетные модели таких систем в настоящее время могут быть успешно решены в связи с разработкой деформационного метода расчета [2] и его реализацией в программном комплексе (ПК) StarsCAD.

В этой связи появилась возможность использовать StarsCAD в качестве виртуального инструмента для разработки пологих арочных сводов из СТХП типа МІС для покрытий зданий, совмещающих в себе несущие и ограждающие функции.

В частности, нами разработан блок покрытия в виде пологого двухслойного арочного свода с несущим слоем из СТХП типа МІС-240, с плитным утеплителем и ограждающим слоем, выполняющим функции фальцевой кровли (рисунок 2).

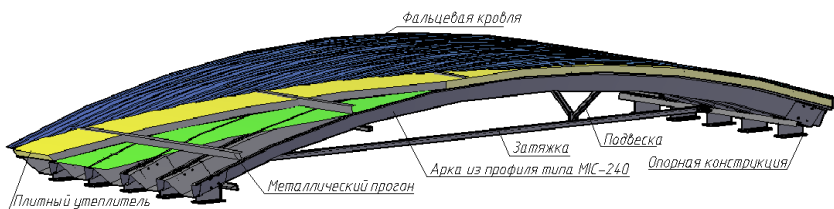


Рисунок 2 – Двухслойный блок покрытия из профилей МС-240

## ЛИТЕРАТУРА

1. M.I.C. Industries [Electronic resource]. – 2014. – Mode of access: <http://www.micindustries.com/>. – Date of access: 09.12.2017.
2. Уласевич, В. П. Деформационный расчет бескаркасных арочных покрытий из стальных тонкостенных холодногнутых профилей / В. П. Уласевич, Д. А. Жданов // Вестник БрГТУ. – 2015. – № 1(91). – С. 66–73.

УДК 621.56

Рожковский А. Э., Мещеряков М. В.

## СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ МАСЛА В КОМПРЕССОРЕ

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Бабук В. В.*

Термосифонное охлаждения масла в компрессоре. Для винтовых и некоторых видов поршневых компрессоров холодильных установок применяют охлажденное масло. Если температура нагнетания будет слишком высокая, то это приведет к его разложению, и как следствие, к поломке компрессора хладагент стекает в маслоотделитель, охлаждает масло и испаряется. Далее пары хладагента попадают обратно в ресивер, а иногда на вход в конденсатор. Также нужно следить за тем, чтобы потери давления в подающем и обратном трубопроводе были минимальными. Если хладагент не будет поступать из маслоохладителя, процесс охлаждения масла не будет происходить.

Трехходовой вентиль ORV поддерживает температуру масла на заданном уровне (для поддержания масла в определенных пределах используется термочувствительный элемент). При увеличении температуры масла оно направится в маслоохладитель, а при понижении – пройдет мимо (рисунок 1).

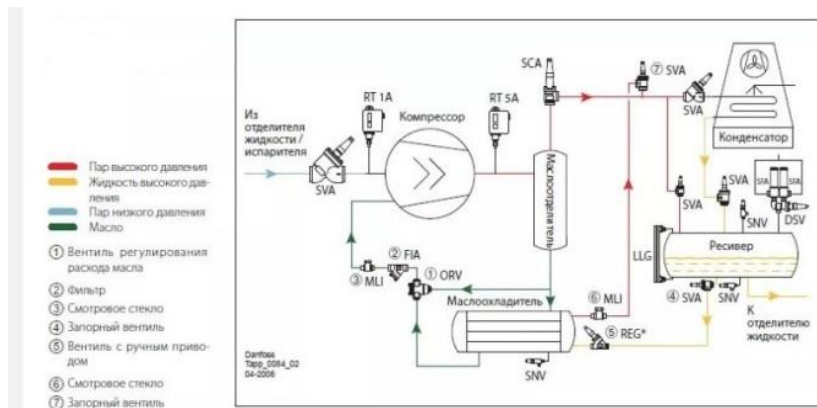


Рисунок 1 – Охлаждение масла с помощью термосифона

По мере увеличения скорости циркуляции увеличивается перепад давлений в трубах и аппаратах контура, и, наконец, этот перепад давлений уравнивает движущую силу (см. рис. 2). Система приходит в стационарное состояние, расход хладагента через испаритель и доля испаренного хладагента постоянны. В отделитель жидкости поступает насыщенная парожидкостная смесь. Здесь жидкость отделяется, и хладагент вновь поступает в испаритель, но теперь уже не в насыщенном состоянии. Температура здесь такая же, как в отделителе жидкости, но давление выше на величину гидростатического напора между уровнем жидкости в сепараторе и входом в испаритель, т. е. хладагент переохлажден.

Это означает, что в первой части теплообменника происходит лишь повышение температуры, но не кипение. Однако по мере продвижения хладагента вверх давление снижается, что вызывает уменьшение переохлаждения.

Эти два эффекта (повышение температуры и снижение давления) приводят к тому, что через некоторое время хладагент достигает точки кипения и закипает, хотя и при более высокой температуре, чем на выходе. Давление продолжает падать из-за изменения высоты и гидравлического сопротивления, и хладагент, теперь в насыщенном состоянии, продолжает подниматься при уменьшении температуры и вновь поступает в отделитель жидкости.

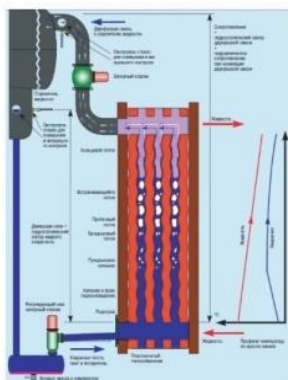


Рисунок 2 – Термосифонный испарителя

Охлаждение масла воздухом. В некоторых типах установок циркулирующее в контуре масло может охлаждаться с применением соответствующего охладителя, в ряде случаев существует альтернативное решение с прямым инжектированием холодильного агента.

При использовании воздушного охладителя масла (рис 3.) с учетом его габаритов по высоте следует принимать другие меры. Выход масла из охладителя, производимый из верхней его части, должен всегда находиться ниже смотрового стекла сепаратора и места инжектирования в компрессор.



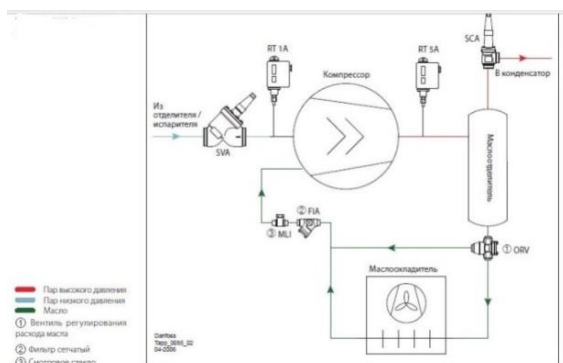


Рисунок 3 – Охлаждение масла воздухом

Исходя из двух видов охлаждения масла, термосифонный является более практичный и экономичный. При использовании термосифонного охлаждения происходит экономия электроэнергии, из-за отсутствия необходимости включать вентилятор или водяной насос.

УДК 621.762.4

Рябцев Р. Л.

## МЕТОД ВЗРЫВНОЙ ФОТОЛИТОГРАФИИ КАК РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ СЛОЖНОСОСТАВНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СИСТЕМ

ООО «СтратНаноТек», г. Минск

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Комаровская В. М.

Бурное развитие микроэлектроники, наблюдаемое в последние годы, стало возможным благодаря совершенствованию техники и технологии. Под развитием микроэлектроники стоит понимать уменьшение линейных размеров элементов интегральных микросхем. Для формирования данных элементов используют процесс фотолитографии.

Основная характеристика процесса фотолитографии – разрешающая способность. И у этой характеристики есть предел, а лимитирующей стадией являются именно процессы фотоли-

тографии. Для достижения всё более высокого уровня разрешения необходимы новые материалы, новое оборудование, новые подходы.

Для реализации необходимого уровня разрешения, для максимального «заполнения» дорожек - используют метод взрывной фотолитографии (рисунок 1).

К плюсам данного метода также стоит отнести: минимизация радиационной нагрузки на подложку (сохраняется полупроводник, на который наносится металл); низкая тепловая нагрузка на подложку в процессе металлизации, как следствие отсутствие перегрева маски. К минусам относят: осаждение на стенки профиля; локальные пробои.

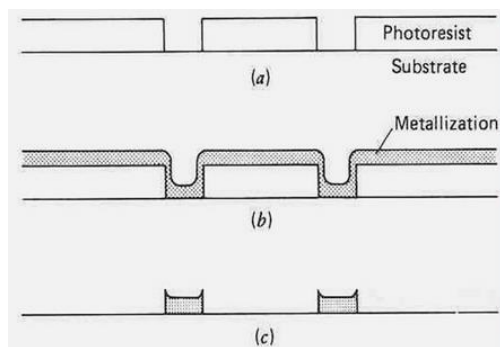


Рисунок 1 –Принцип взрывной фотолитографии;  
(a) – нанесение фоторезиста; (b) – нанесение металлизации;  
(c) – травление

Для рассматриваемой технологии взрывной литографии наиболее приемлемо осаждение сложносоставных полупроводниковых систем с помощью электронно-лучевого испарения (ЭЛИ). Только эта технология позволяет гарантированно формировать элементы с субмикронными размерами. Это происходит потому, что осаждение покрытий методом электронно-лучевого испарения однозначно подразумевает высокий уровень предпроцессного вакуума, обеспечивающий прямое направление потока частиц испаряемого материала к по-

верхности образца по радиусу сферы испарения. При этом на достаточном удалении подложки от испарителя поток вещества направлен практически по нормали ко всей обрабатываемой поверхности (рисунок 2).

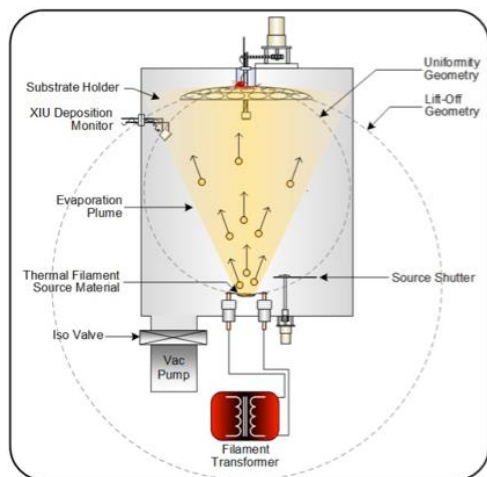


Рисунок 2 – Схема осаждения полупроводниковых систем с помощью ЭЛИ

Следует отметить экономическую составляющую метода осаждения слоев электронно-лучевым испарением. Факел испарения направлен практически по сфере, поэтому размещая обрабатываемые образцы по поверхности сферы факела испарения можно достичь высокой производительности метода, что очень важно при использовании чистых драгоценных материалов – золота, платины, палладия.

Метод взрывной фотолитографии решает ряд проблем сложносоставных полупроводниковых систем. Сейчас уже существует оборудование, от ведущих зарубежных компаний полупроводниковой промышленности, таких как: Ferrotec, SNA industries, Evatec, на которых успешно применен метод взрывной фотолитографии с помощью электронно-лучевого испарения.

**ВАКУУМНЫЕ ЭЛЕКТРОПЕЧИ***БНТУ, г. Минск**Научный руководитель: преподаватель Суша Ю. И.*

Вакуумные электропечи получили широкое распространение в связи с возникновением таких отраслей промышленности, как атомная, ракетная и пр. Вакуумная плавка металлов и сплавов в печах позволяет значительно снизить содержание газов и количество неметаллических включений, обеспечить высокую однородность и плотность слитка за счет направленной кристаллизации жидкого металла, значительно улучшить физико-механические свойства металла.

По принципу устройства и назначения вакуумные электропечи делятся на следующие типы: дуговые, индукционные, электроннолучевые и печи сопротивления.

Вакуумные дуговые печи используются для выплавки качественных сталей, легированных, конструкционных, электротехнических, шарикоподшипниковых, жаропрочных сплавов, тугоплавких и высокорреакционных металлов.

Вакуумные индукционные печи применяются для плавки и разливки различных металлов и сплавов, причем наибольшее распространение получили плавильные печи с наклоняемым тиглем внутри стационарного кожуха. Принцип работы печей заключается в том, что в огнеупорном тигле, установленном в вакуумной камере, при помощи высокочастотного индуктора расплавляют твердую шихту (отходы специальной заготовки, чистые металлы и ферросплавы) и рафинируют жидкий металл; печи могут работать и на жидкой садке. В последние годы ведутся интенсивные разработки по созданию промышленной вакуумной плазменно-индукционной печи. Применение плазмотрона ускоряет процесс расплавления шихты и позволяет более рационально организовать его, так как появляется возможность под-

держания постоянной мощности печи, не зависящей от габаритов и плотности укладки шихтовых материалов.

Электронно-лучевые печи применяются для получения особо чистых металлов. В печах этого типа нагрев осуществляется благодаря бомбардировке поверхности нагреваемого предмета быстро движущимися электронами. Так как создать направленный поток электронов и сообщить ему достаточную энергию можно только в условиях высокого вакуума, в электронно-лучевых печах поддерживается давление порядка  $10^{-3} \div 10^{-4}$  Па. Основным элементом печи является нагревательный элемент или пушка, снабженная электромагнитным фокусирующим устройством и системой развертки луча, что позволяет получить пятно диаметром 5-10 мм на расстоянии 1,5–2 м от катода и перемещать его по поверхности слитка. Следует отметить, что электронно-лучевые печи используются не только для плавки, но и для различных процессов, связанных с нагревом материалов, например, при выращивании и зонной очистке монокристаллов, термической обработке ленточных и проволочных материалов, испарение металлов с целью нанесения покрытий, для сварки, литья и т.д.

Вакуумные электропечи сопротивления являются наиболее универсальными, так как имеют много областей применения, например, их используют для нагрева длинномерных изделий, больших и тяжелых садов, деталей в подвешенном состоянии для предохранения их от деформации, для отжига трансформаторной стали и пр. Принцип устройства печей заключается в наличии герметичной, теплоизолированной камеры, внутри которой расположены нагревательные элементы, выделяющие тепло за счет протекания по ним электрического тока. Печи откачиваются диффузионными насосами, обеспечивающими остаточное давления менее  $10^{-7}$  Па. По типу вакуумные электропечи сопротивления делятся на садочные и методические. В садочных электропечах садка остается неподвижной в течение всего времени нагрева и в них нельзя произвести оче-

редную загрузку, предварительно не разгрузив печь. Эти печи отличаются относительно низкой производительностью. Наибольшее распространение получили такие садочные вакуумные электропечи, как камерные, шахтные, колпаковые, элеваторные. Высокопроизводительные методические вакуумные электропечи включают в себя загрузочную и разгрузочную шлюзовые камеры, камеры нагрева и охлаждения, систему устройств для перемещения садки в печи и откачную систему.

Электрическая печь сопротивления, электрическая печь, в которой тепло выделяется в результате прохождения тока через проводники с активным сопротивлением. Электрические печи сопротивления широко применяются при термической обработке, для нагрева перед обработкой давлением, для сушки и плавления материалов. Распространение электрических печей сопротивления определяется их достоинствами: возможностью получения в печной камере любых температур до 3000°C; возможностью равномерного нагрева изделий путём соответствующего размещения нагревателей по стенкам печной камеры или применением принудительной циркуляции печной атмосферы; лёгкостью автоматического управления мощностью, а следовательно, и температурным режимом печи; удобством механизации и автоматизации печей, что облегчает работу персонала и включение печей в автоматические линии; хорошей герметизацией и проведением нагрева в вакууме, защитной (от окисления) газовой среде или специальной атмосфере для химико-термической обработки (цементация, азотирование); компактностью и пр.

## ПРИМЕНЕНИЕ ВАКУУМА В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук Данильчик С. С.*

В пищевой промышленности для длительного хранения и консервирования пищевых продуктов используют вакуумную сушку.

Вакуумная сушка – одна из технологий консервации пищевых продуктов, гарантирующая длительное хранение. Продукты, высушенные и герметично упакованные, могут храниться несколько лет в неконтролируемых температурных условиях.

Процесс вакуумной сушки делится на три этапа: замораживание, первичная сушка и вторичная сушка:

- на первом этапе материал замораживают полностью до образования льда, при этом давление паров воды должно быть ниже тройной фазовой точки (4,58 мм рт.ст., 0 °С);

- на втором этапе происходит первичная сушка путем сублимации льда. Давление в сушильной камере значительно ниже давления паров льда, благодаря вакууму. Продукт нагревается и начинается процесс сублимации – водяные пары изнутри продукта поднимаются на его поверхность, а затем собираются на конденсаторе. Вместе с тем в продукте образуются поры за счет пространства, которое раньше занимали кристаллы льда;

- на стадии вторичной сушки остатки воды удаляют путем десорбции из высушенного слоя продукта – этот этап выполняется путем повышения температуры и за счет снижения давления пара в сушильной камере.

Перед сублимационной вакуумной сушкой продукты предварительно быстро замораживают до температуры -30 °С. После этого при низких температурах -15...-20 °С в вакуумных условиях из продуктов выводят воду, что приводит к их высушиванию. При низких температурах влага в продуктах содержится в виде

льда. Твёрдое состояние влаги сразу изменяется на газообразное состояние, не проходя жидкую стадию, в результате чего объём воды в продуктах сокращается на 75 – 90%. При этом испаряется вся свободная вода и часть связанной. После удаления влаги продукты досушивают при высоких температурах +40...+80 °С, ликвидируя, таким образом, оставшуюся воду.

Последние несколько лет метод вакуумной сушки все активнее используется для производства сухофруктов, наряду с традиционными методами сушки. Некоторые эксперты полагают, что в будущем вакуумная сушка вытеснит традиционные методы, связанные с нагреванием перерабатываемых продуктов, при котором происходит коагуляция белков и неизбежно приводит к потере питательных свойств. В то время как вакуумная сушка сохраняет большинство исходных свойств сырья – форма, аромат, цвет, вкус, текстура, биологическая активность, питательная ценность, витамины и минералы, и продукты остаются «сырыми» с точки зрения свежести.

В одном из многочисленных научных исследований на эту тему анализировалось влияние обработки ряда фруктов и овощей (клубника, лайм, апельсин, черная смородина, брокколи и красный перец) методом вакуумной сушки на их питательные характеристики. Результаты показали, что клубника после обработки сохранила 100% содержания витамина С и фенольных компонентов, при этом потеря «общей антиоксидантной способности» составила только 8%. Для сравнения, у просто охлажденной клубники после 7 дней хранения потеря витамина С составила порядка 19%, а «общей антиоксидантной способности» – 23%, кроме того, исследования обнаружили значительную потерю в фенольных компонентах – 82%.

Вдобавок были проведены исследования, посвященные изучению влияния длительности хранения вакуумной сушки продуктов на сохранность в них питательных свойств. В частности, в сельскохозяйственных институтах Чосера и Ньюкасла были выполнены эксперименты на предмет сохранности пита-



тельных характеристик вакуумной сушки клубники в течение 12 месяцев. Исследуемые образцы анализировались 1 раз в квартал в течение года на предмет содержания витаминов и минералов. Так, потери витамина С в продуктах составляли всего 1,8% в месяц.

УДК 669.295.2

Селюта В. А.

## **ВЛИЯНИЕ МОДЕРНИЗАЦИИ УСТАНОВКИ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ МОДЕЛИ AR-63-950-1400/3000 НА ВРЕМЯ ОТКАЧКИ КАМЕРЫ**

*ФТИ НАН Беларуси, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Латушкина С. Д.*

В настоящее время поступают запросы от предприятий на упрочнение длинномерных деталей методом ионного азотирования.

В конструкции дизелей большой мощности (500 и более л.с.) используются длинномерные (длина более 2000 мм) коленчатые валы, которые упрочняются путём азотирования. Для обеспечения возможности упрочнять длинномерные детали, мы модернизировали установку ионного азотирования модели AR-63-950-1400/3000. Модернизация заключалась в увеличении длины загрузки путём использования в конструкции камеры дополнительного промежуточного цилиндра.

Поскольку объём нашей камеры увеличится, то нужно проверить, на какую же величину возрастет время откачки камеры до остаточного давления 30 Па и нужно ли будет изменить вакуумную систему.

Для создания вакуума в камере используется насос двухроторный НВД-200 с быстротой откачки  $S_H = 50$  л/с, а для предварительного его разряжения используется насос золотниковый АВЗ-20Д с быстротой откачки  $S_H = 20$  л/с.

$P = 30 \text{ Па}$  для время откачки  $\Delta t = 35 \dots 37 \text{ мин}$  (установлено экспериментально).

Тогда, время откачки определяется по формуле:

$$\tau_{\text{отк}} = \frac{V}{S_{\text{эф}}} \cdot \ln \frac{P_1}{P_2}, \quad (1)$$

где  $\tau_{\text{отк}}$  – время откачки вакуумной камеры, ( $\tau_{\text{отк}}=36 \cdot 60=2160$  с);

$V$  – объём откачиваемого объекта, ( $V=4,170$ )  $\text{м}^3$ ;

$S_{\text{эф}}$  – эффективная быстрота откачки насоса,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$P_1$  – начальное давление, ( $P_1=10^5$  Па);

$P_2$  – конечное давление, ( $P_2=30$  Па).

Зная первоначальный объём камеры –  $4.170 \text{ м}^3$ , из формулы (1) вычисляем  $S_{\text{эф}}$ :

$$S_{\text{эф}} = \frac{V}{\tau_{\text{отк}}^1} \cdot \ln \frac{P_1}{P_2} = \frac{4,170}{2160} \cdot \ln \frac{10^5}{30} = 0,0157 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

Объём вакуумной камеры вычислим по формуле 2:

$$V = V_{\text{ц1}} + V_{\text{ц2}} + V_{\text{к}}, \quad (2)$$

где  $V_{\text{ц1}}$  – объём первого цилиндра,  $\text{м}^3$ ;

$V_{\text{ц2}}$  – объём второго цилиндра,  $\text{м}^3$ ;

$V_{\text{к}}$  – объём колпака,  $\text{м}^3$ .

Объёмы камер найдём по формуле (2):

$$V_{\text{к}} = V_{\text{ц1}} + V_{\text{ц2}} = V = \frac{\pi D^2 H}{4}, \quad (3)$$

где  $D$  – внутренний диаметр камеры, м;

$H$  – внутренняя высота камеры, м.

Тогда, увеличенный объём вакуумной камеры составит:

$$V = \frac{3,14 \cdot 1,25^2 \cdot 2,085}{4} + \frac{3,14 \cdot 1,25^2 \cdot 2,085}{4} + \frac{3,14 \cdot 1,25^2 \cdot 2,085}{4} = 6,255 \text{ м}^3$$

По формуле (1) вычислим время откачки уже увеличенного объёма камеры:

$$\tau_{отк2} = \frac{V_{ус}}{S_{эф}} = \frac{6,255}{0,0157} \cdot \ln \frac{10^5}{30} = 3231 \text{ с} = 54 \text{ мин.}$$

Из расчётов выше видно, что время откачки камеры увеличилось с 36 мин до 54 мин, но по сравнению с общим временем продолжительности процесса (около 20 часов) это изменение незначительно. К тому же во время азотирования не всегда будут использоваться колпак и два цилиндра, поэтому вакуумную систему изменять не требуется.

УДК 669.295.1

Селюта В. А.

## **ИОННОЕ АЗОТИРОВАНИЕ. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА ИОННОГО АЗОТИРОВАНИЯ**

*ФТИ НАН Беларуси, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Латушкина С. Д.*

Ионно-плазменное (ионное) азотирование (ИПА) – это химико-термическая обработка деталей, обеспечивающая диффузионное насыщение поверхностного слоя различных металлов азотом в тлеющем разряде при давлении 90-400 Па.

Азотирование повышает твёрдость, сопротивление изнашиванию, контактную выносливость, сопротивление к схватыванию, теплостойкость и коррозионную стойкость разнообразных деталей машин.

Ионное азотирование является сейчас в промышленно развитых странах мира основным методом поверхностного упрочнения, который заменил традиционные варианты химико-термической обработки в виду своих неоспоримых преимуществ.

По сравнению с газовым азотированием ИПА обеспечивает:

- сокращение продолжительности обработки в 2–5 раз;
- снижение хрупкости упрочнённого слоя;
- сокращение расхода рабочих газов в 20–50 раз;
- сокращение расхода электроэнергии в 1,53 раза;
- снижение деформации настолько, чтобы исключить финишную шлифовку;
- простота и надёжность экранной защиты от азотирования неупрочняемых поверхностей.

На рисунке 1 представлен процесс ионного азотирования колец.



Рисунок 1 – Ионное азотирование колец

Технологическими факторами, влияющими на эффективность ионного азотирования, являются температура процесса, продолжительность насыщения, давление, состав и расход рабочей газовой смеси.

Более низкие температуры позволяют получать максимальное значение твёрдости, в то время как предельный температурный режим обеспечивает высокие физико-механические свойства. Для получения больших глубин азотированного слоя при низких температурах требуется большая длительность выдержки, а при высоких, соответственно незначительная.

Что касается состава насыщающей среды, то при ионном азотировании используют газовые среды, в состав которых входит азот либо аммиак, а также и другие газы – водород и (или) аргон. В случае использования при ионном азотировании в качестве активной среды аммиака имеет место его диссоциация не только в разряде, но и чисто термическая, аналогично как при вакуумном азотировании. Это может привести к тому, что уже на стадии разогрева может образоваться нитридный слой, который в дальнейшем может препятствовать проникновению азота из разряда в металл.

УДК 621.762.4

Скавыш И. А.

## **ИНДУКЦИОННАЯ ЗАКАЛОЧНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Вегера И. И.*

Закалочная индукционная установка позволяет производить поверхностную закалку деталей при индукционном нагреве, являясь устройством для термообработки полуавтоматического действия. Установка дает возможность проводить как последовательную, так и одновременную закалку, с возможностью осуществления последовательной закалки нескольких зон.

Поверхностная закалка бывает:

Одновременная – подразумевает одновременный нагрев всей поверхности закаливаемой детали. После чего поверхность охлаждается. Индуктор и охладитель удобно совместить. Применение варьируется в пределах мощности питающего генератора.

Одновременно-поочередная – характеризуется одновременно-поочередным нагревом отдельных частей закаливаемой детали.

Непрерывно-последовательная – имеет место, когда закаливаемая поверхность имеет большую протяженность. При таком способе происходит нагрев участка детали, когда деталь непрерывно движется относительно индуктора. После чего поверхность охлаждается.

Возможно применение отдельных охладителей или совмещенных с индуктором.

Поверхностная закалка позволяет достичь снижения хрупкости детали, при этом сохранив сердцевину закаливаемой детали пластичной. При способе закалки сквозным методом достичь такого эффекта не представляется возможным.

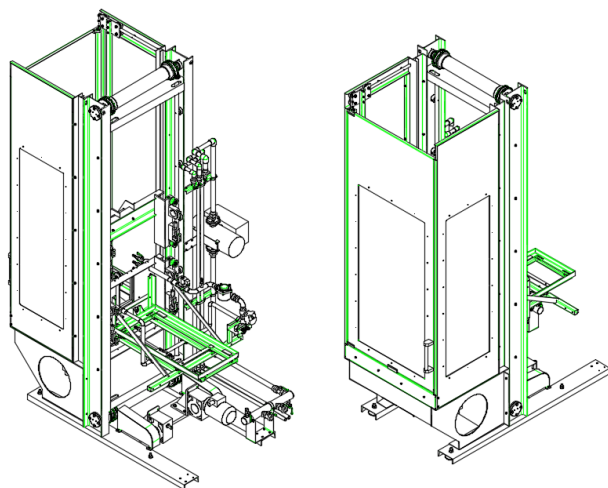


Рисунок 1 – Эскиз вертикальной закалочной установки

Индукционная закалочная установка представленная на рис.1 являются устройством полуавтоматического действия для термообработки машиностроительных деталей, также предназначена для проведения поверхностной закалки при индукционном нагреве цилиндрических деталей. На установке присутствует спрейное охлаждение детали, используя воду, эмульсии и различные аква-пласты в качестве закалочных

жидкостей. Механизм перемещения, с помощью которого генератор ТВЧ движется вдоль оси неподвижной детали.

УДК 621.762.4

Скавыш И. А.

## КОНСТРУИРОВАНИЕ НИЖНЕГО ЦЕНТРА ВЕРТИКАЛЬНОЙ ИНДУКЦИОННОЙ ЗАКАЛОЧНОЙ УСТАНОВКИ

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Вегера И. И.*

Нижний центр является конечным звеном привода вспомогательного движения и предназначен для крепления инструментального конуса и передачи вращательного движения закаляемой детали. Качество этого узла оказывает самое существенное влияние на точность, надежность и производительность всего станка.

На рисунке 1 представлен нижний центр индукционной установки.

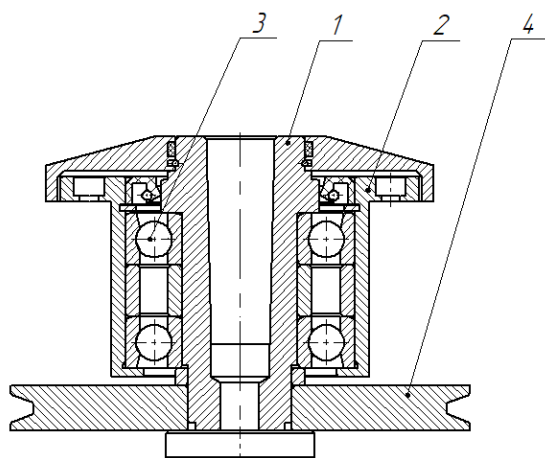


Рисунок 1 – Нижний центр:

1 – шпиндель; 2 – корпус; 3 – подшипники; 4 – шкиф

Сам центр состоит из шпинделя, корпуса, его опор, крышки и приводного элемента. В шпинделе выделяют передний конец и межопорный участок. В процессе эксплуатации станка шпиндельный узел передает детали крутящий момент, необходимый для осуществления равномерного закаливания поверхности.

Так как детали в ходе закалки охлаждаются жидкостью, подшипники центра защищены крышкой, что дает хорошую защиту от «воды», а дополнительная установка манжеты, полностью исключает ее попадания внутрь узла.

На центр действуют нагрузки, вызываемые, силами в приводе (ременной передачей), а также центробежными силами, возникающими от неуравновешенности вращающихся деталей и самого узла.

Проектирование узла включает: выбор типа приводного элемента, опор, устройств для их смазывания и защиты от загрязнений; определение диаметра шпинделя, расстояния между опорами и разработку конструкции всех элементов.

Работоспособность установки в значительной мере определяется точностью вращения шпинделей, статической и динамической жесткостью центра, предельно допустимой частотой вращения, диапазоном изменения частот вращения, нагревом, несущей способностью и долговечностью подшипников.

УДК 621.9.025

Соловей О. С.

## **ТРЕБОВАНИЯ ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ИНСТРУМЕНТУ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЯ МЕТОДОМ КИБ**

*ЧПТУ «Новодворский инструментальный завод», г. Минск  
Научный руководитель: ст. преподаватель Бабук В. В.*

Нанесение покрытий методом КИБ значительно расширяет технологические возможности инструментов с покрытиями и может широко использоваться в условиях специализированных участков инструментальных цехов. В результате нанесе-



ния покрытий инструмент имеет повышенную поверхностную твердость и теплостойкость, хорошую сопротивляемость окислительным и коррозионным процессам, низкую склонность к адгезии с обрабатываемым материалом и более стабильные прочностные свойства. Все это позволяет повысить стойкость формообразующего инструмента в 2 – 3 раза.

Вместе с тем применение технологии нанесения покрытий, в частности, технологии осаждения покрытий из пароплазменной фазы в вакууме путем ионной бомбардировки (метод КИБ), встречает определенные трудности. Обычно технология подготовки инструмента перед нанесением покрытия включает ряд последовательных операций, которые зависят от инструментального материала, формы рабочей поверхности инструмента, его габаритных размеров, состава покрытия и метода его нанесения. В любом случае большое внимание следует уделять очистке инструмента. На его рабочих поверхностях исключается наличие окалины после термообработки, коррозионных и окисных пленок, посторонних включений, а также дефектов поверхностного слоя инструмента в виде раковин, трещин, задиrow и т.д. Кроме того, поверхности инструмента должны удовлетворять следующим специфическим требованиям: параметр шероховатости поверхности перед нанесением на него упрочняющего покрытия  $Ra \leq 0.08 \dots 0.32$  мкм; остаточные напряжения поверхности  $\delta_0 \leq 0$  и  $-\delta \leq 0.5\delta$ ; содержание остаточного аустенита вторичной закалки не должно превышать 2 – 5%, зернистость матрицы должна быть минимальной (определяется маркой стали и условиями термической обработки), а однородность распределения карбидов должна быть максимальной.

Обеспечение заданных требований к инструменту и его поверхностям перед нанесением покрытия требует разработки специальных методов дополнительной обработки инструмента на стадии его подготовки перед нанесением покрытия.

Основные требования, предъявляемые к покрытиям: формирование определенной кристаллографической структуры

покрытия; обеспечение надежного сцепления с основой из инструментального материала. Эти требования в основном зависят от температуры, структуры и чистоты поверхности подложки, на которую наносится покрытие.

Указанные параметры необходимо тщательно регулировать и контролировать в ходе процесса.

УДК 621.793.

Соловей О. С.

## **ЭТАПЫ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ВАКУУМНОГО ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ TiCrN**

*ЧПТУ «Новодворский инструментальный завод», г. Минск  
Научный руководитель: ст. преподаватель Бабук В. В.*

Технология формирования защитного покрытия TiCrN методом КИБ включает следующие этапы: предварительная подготовка поверхности; установка детали в вакуумной камере; откачка вакуумной камеры; ионная очистка; конденсация покрытия.

Подготовка поверхностей упрочняемых деталей является важнейшим этапом технологии формирования покрытия. Качество этой подготовки во многом определяет качество сконденсированного слоя и многие функциональные характеристики, в частности, адгезию покрытия с основой. Подготовка поверхности состоит из механической обработки и очистки. Сушка деталей производится обдувкой сжатым воздухом из шланга. Контроль качества поверхности осуществляется внешним осмотром. Качество обработки поверхности обеспечивается систематическим контролем рецептуры ванн, а также тщательным выполнением операций и строгим соблюдением их последовательности по установленному технологическому процессу.

Установка детали в вакуумной камере определяется формой и габаритными размерами деталей. Для установки мелкогабаритных деталей используются карусели, которые обеспечивают их планетарное движение в процессе осаждения покрытий.

Откачка вакуумной камеры производится до достижения необходимого вакуума (остаточного давления) в камере. Данный параметр зависит от конструкции и особенностей вакуумной установки.

На этапе очистки низкоэнергетичным ионным источником происходит очистка поверхности детали от различных загрязнений, снятие окисной пленки и активация поверхности.

На этапе конденсации покрытия первоначально производится нанесение подслоя титана. Это обеспечивает увеличение адгезионной прочности покрытия за счет образования переходного слоя вследствие частичной диффузии титана в подложку и релаксацию внутренних напряжений при формировании покрытия. После нанесения адгезионного подслоя Ti наносится переходной слой, представляющий собой смесь твердого раствора  $\alpha$ -Ti и нитрида титана. Данный слой обеспечивает снижение внутренних напряжений и уменьшает вероятность образования поверхностных микротрещин в покрытии. После осаждения адгезионного и переходного слоев наносится наружный рабочий слой из нитрида хром-титана стехиометрического состава. Общая толщина покрытия рекомендуется в пределах 3...5 мкм, а толщины подслоя титана и переходного слоя – 5...15% от общей толщины покрытия.

УДК 621.762.4

Сяхович П. В., Аршавский В. С.

**УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ОБРАЗЦОВ  
ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ, ОБРАБОТАННЫХ  
КОМПРЕССИОННЫМ ПЛАЗМЕННЫМ ПОТОКОМ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: д-р физ-мат.наук, профессор  
Асташинский В. М.*

Плазменное нанесение и упрочнение покрытий относится к прогрессивным технологиям, которые позволяют многократно с высокой эффективностью повышать надежность деталей

машин в целом и их долговечность. Основной целью данных технологий является обеспечение высокой износо- и коррозионной стойкости поверхностей деталей при их изготовлении, а также восстановление размеров изношенных поверхностей деталей за счет нанесения на них покрытий. К преимуществам плазменного нанесения покрытий с помощью напыления относятся: возможность наиболее широкого варьирования материалами, позволяющей использовать металлы, керамику; минимально возможный нагрев подложки и малая зона термического воздействия.

Принципиально новые возможности для существенного улучшения эксплуатационных характеристик различных материалов открывает воздействие на них высокоэнергетических компрессионных плазменных потоков (КПП). КПП получают с помощью квазистационарных плазменных ускорителей, например, магнитноплазменного компрессора (МПК). Отличительной особенностью таких плазмодинамических систем является возможность получения высокоэнергетического плазменного потока в течение времени (100-500 мкс), достаточного для завершения физико-химического превращения в модифицированном слое.

Обработку образцов твердого сплава Т15К6 проводили пятью импульсами в двух режимах воздействия КПП: с энергией в одном импульсе 13 и 40 Дж/см<sup>2</sup>. В результате проведенных экспериментальных исследований было выявлено, что с ростом плотности энергии воздействующих импульсов КПП от 13 до 40 Дж/см<sup>2</sup> толщина проплавленного слоя возрастает в среднем от нескольких микрон до ~ 10 мкм. То есть при воздействии КПП на пластины твердого сплава Т15К6 формируется полностью проплавленный поверхностный слой, представляющий собой обогащенный вольфрамом твердый раствор (W,Ti)C с ячеистым концентрационным распределением металлов, за которым следует образовавшаяся область контактного плавления зерен карбидов.

Производственные испытания инструмента из этого сплава на токарно-винторезном станке с ЧПУ, показали существенное увеличения его работоспособности более чем в 7 раз.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Astashynski, V. M. Compression plasma flows and their potentialities for modification of materials surface properties // IV International conference "Plasma Physics and Plasma Technology". Minsk, Belarus, September 15-19, 2003. Contributed Papers. V.2, pp.439-442.

2. Асташинский, В. М. Динамика взаимодействия генерируемого магнитоплазменным компрессором плазменного потока с преградой / В. М. Асташинский, А. М. Кузьмицкий, А. А. Мищук. // ЖПС. – 2011. – Т. 78, № 3. – С.404-409.

УДК 004

Тодрик Е.К.

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА МЕНЕДЖЕРА ПО ПРОДАЖАМ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ**

*Гродненский государственный университет  
имени Янки Купалы, г. Гродно*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Ливак Е.Н.*

В условиях автоматизации производственных процессов на предприятиях в настоящее время возникает потребность в автоматизации рабочих мест менеджеров, операторов. Так как работа в организациях тесно связана с информационными потоками различного характера, то систематизация этих потоков, а также их обработка позволяют получать необходимые данные за короткие промежутки времени, с наибольшим эффектом использовать результаты, полученные из разных источников.

Основная цель усовершенствования подобной системы состоит в том, чтобы разгрузить человеческие ресурсы и сократить время на формирование типовых задач с помощью компьютерных технологий и голосового управления. Реализация такой системы позволяет упростить работу менеджера на предприятии в целом.

Автоматизация и проектирование подобных систем предполагает разработку сложных математических методов, включающих в себя анализ больших объемов данных и управление процессами с помощью голоса. Сам процесс голосового управления представляет собой преобразование акустического сигнала полученного от микрофона в последовательность цепочек слов.

При реализации платформы решается задача, с помощью которой компьютер распознает голосовую команду и на основании ее выполнит анализ данных и сформирует необходимую заявку для организации. На данном этапе исследуется принцип голосовой передачи информации с помощью телефонии, а также методы обработки больших объемов данных с помощью визуализации и статистики. Произведен статистический анализ функций менеджера, а также зависимости между продажами на основании желаний клиента и предпочтения рынка.

Подводя итоги можно сказать, что разрабатываемый продукт, на мой взгляд, является оптимальным решением множества проблем, связанных с эффективностью работы сотрудника в организации.

УДК 621.793.1:539.234

Трус А. С.

## **ГЕРМЕТИЗАЦИЯ ВАКУУМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Комаровская В. М.*

Любая вакуумная система состоит из большого числа различных элементов. Герметичное соединение их между собой является одной из основных задач, встающих при проектировании и эксплуатации вакуумного оборудования. К вакуумным

соединениям предъявляются следующие требования: минимальное натекание и газовыделение; механическая прочность; термическая стойкость – способность выдерживать многократные прогревы без нарушения герметичности; коррозионная стойкость; максимальное число циклов разборки и сборки с сохранением герметичности; удобство ремонта и технологичность в изготовлении; возможность лёгкой проверки на герметичность. Различают разъемные и неразъемные соединения.

Неразъемные вакуумно-плотные соединения получаются сваркой, пайкой, склеиванием и герметизацией эпоксидными смолами.

К разъемным относятся штуцерные, штуцерно–ниппельные и фланцевые соединения. Они предназначены для обеспечения свободного доступа к внутривакуумным устройствам установок, для облегчения монтажных работ и замены вышедших из строя элементов.

В разъемных вакуумных соединениях необходимо обеспечить герметичность стыка двух соединяемых деталей, близкую к герметичности сплошного материала. В месте соприкосновения двух деталей в результате механической обработки всегда остаются микронеровности, которые затрудняют получение вакуумно-герметичного соединения.

Герметичность может быть достигнута значительно легче, если в зазор между соединяемыми материалами поместить уплотнитель, вязкость которого достаточна для заполнения неровностей при контактных напряжениях, значительно меньших предела упругости основных соединяемых материалов. В качестве уплотнителей могут применяться смазки, резины, фторопласт, металлы.

В вакуумной технике в системах с рабочей температурой 90–125 °С широко применяются резиновые уплотнители. Они обладает хорошими упругими свойствами, и для создания вакуумно-герметичного соединения с полированной стальной поверхностью требуются небольшие усилия, допускает практически неограниченное число разборок и сборок, просты в изготовлении,

редко нуждаются в ремонте. Недостатком резиновых уплотнений является повышенное газовыделение и газопроницаемость по сравнению с материалом уплотняемых деталей. Для уменьшения газовыделения перед постановкой в вакуумную систему уплотнитель полезно обезгазить. Наибольшее применение в вакуумной технике получила резина сорта 7889 и 9024.

В тех случаях, когда вакуумные установки работают с агрессивными, горячими газами или при сверхнизких температурах применяются прокладки из фторопласта. Фторопластовые прокладки можно применять в любых агрессивных средах, при любых смазках, так как никакие органические растворители на прокладку из фторопласта не действуют. В подвижных соединениях фторопластовые уплотнители могут работать и без смазки, если их износ во время работы будет компенсироваться установкой упругих дополнительных элементов. Прокладки из фторопласта имеют хорошие эксплуатационные свойства и работают в диапазоне температур от -200 до +250 °С. К недостаткам можно отнести значительно меньшую эластичность, в сравнении с вакуумной резиной, а также сравнительно высокий коэффициент линейного расширения. Будучи деформирован при низкой температуре, фторопласт стремится при дальнейшем прогреве восстановить первоначальную форму. После снятия нагрузки свои первоначальные размеры восстанавливает очень медленно.

Для техники сверхвысокого вакуума большое значение имеют металлические уплотнения, допускающие прогрев до температуры 450–500 °С. Заполнение микронеровностей происходит за счёт пластической деформации материала прокладки. Текучесть металлов значительно меньше, чем у резины, и поэтому для создания уплотнения требуются значительно большие удельные давления и более высокий класс чистоты поверхности. Газовыделение металлических прокладок в  $10^3$  раз меньше, чем резиновых, но соединение с металлическими прокладками сложнее в изготовлении, допускает ограниченное число прогре-



вов и сборок, что обуславливает их дороговизну. В качестве уплотнителей применяется в основном медь, имеющая близкий коэффициент линейного расширения к нержавеющей стали. Реже используются золото, алюминий, индий. Такие уплотнители, кроме индия, сохраняют работоспособность и герметичность после многих циклов нагрева. В процессе многократных нагревов может произойти диффузионная сварка уплотнителя с поверхностью фланцев. Кроме того, деформированный уплотнитель в ряде случаев оказывает расклинивающее действие. В результате разъединение фланцев оказывается затруднительным.

УДК 621.793

Утекало И. В.

## **ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ СВАРКА НИОБИЯ В ВАКУУМЕ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Комаровская В. М.*

Ниобий является материалом, пригодным для многих областей промышленности. Ниобий обладает высокой пластичностью и сохраняет удовлетворительную прочность до высоких температур. На прочность и пластичность ниобия влияет наклеп – с увеличением степени наклепа повышается прочность и уменьшается пластичность.

Ниобий интенсивно окисляется при нагреве на воздухе свыше 400°C, а при 1370 – 1400°C окисел ниобия начинает испаряться. Окисление металла сопровождается его охрупчиванием. Поэтому при варке на открытом воздухе соединение получается недостаточно надежным [2].

Так для улучшения свариваемости ниобия, без образования окисных пленок, в основном применяют электронно-лучевую сварку (ЭЛС) в вакууме.

Этот процесс, основанный на использовании тепла, выделяемого во время торможения острогофокусированного пучка

заряженных частиц, ускоренных до высоких энергий. Широкое применение этот источник нагрева приобрел лишь с развитием вакуумной техники и электронной оптики, только после этого он стал применяться в металлургической технике.

Основным компонентом этого процесса является электронный луч, который создается электронной пушкой [1].

Как видно из рисунка 1, пушка имеет катод (2), который размещен внутри прикатодного электрода (3). На определенном расстоянии от катода располагается ускоряющий электрод с отверстием – анод (4). Пушка питается электрической энергией от высоковольтного источника постоянного тока (5).

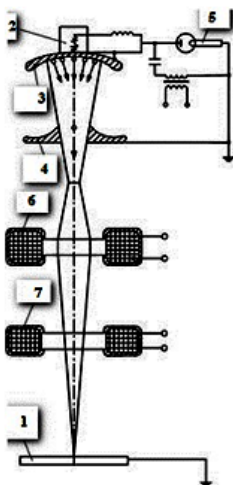


Рисунок 1 – Схема электронно-лучевой пушки

Чтобы увеличить плотность энергии в электронном луче после выхода из первого анода электроны концентрируются магнитным полем в магнитной линзе (6), летящие электроны, сфокусированные в плотный пучок, ударяются на большой скорости о малую площадку на изделии (1). На данном этапе кинетическая энергия электронов вследствие их торможения превращается в теплоту, таким образом нагревая металл до высоких температур.

Для перемещения электронного луча по изделию на пути движения электронов размещают магнитную отклоняющую систему (7), которая позволяет установить луч строго по линии сварки.

Для того, чтобы снизить потерю кинетической энергии электронов вследствие соударения с молекулами газов воздуха, а также для химической и тепловой защиты катода в пушке создается вакуум около  $10^{-4}$ – $10^{-6}$  мм рт.ст. ( $10^{-7}$ – $10^{-9}$ )

Вакуум при ЭЛС выполняет несколько функций:

- снижает потерю кинетической энергии электронов, позволяя частицам достигать поверхности изделия почти не соприкасаясь с молекулами воздуха;
- предотвращает дуговой разряд между анодом и катодом,
- обеспечивает химическую защиту катода;
- защищает расплавленный металл от взаимодействия с окружающей атмосферой более эффективно, чем защитный газ, флюс;
- способствует улучшению дегазации сварочной ванны и удалению оксидных пленок, что сказывается на качестве соединения.

Данные особенности позволяют работать со сплавами, чувствительными к интенсивному нагреву. Электронно-лучевой сваркой изготавливают детали из алюминиевых и титановых сплавов, высоколегированных сталей. Металлы и сплавы подвергаются сварке в однородных и разнородных комбинациях, разными по толщине и температуре плавления. Минимальная толщина свариваемых заготовок – 0,02 мм, а максимальная – до 100 мм.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Схема электронно-лучевой пушки, 2018. – Режим доступа: <https://lektsii.org/7-42533.html>. Дата доступа: 06.04.2018.
2. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Свойство ниобия, 2018. – Режим доступа: <http://markmet.ru/tsvetnyue-metally/niobii>. Дата доступа: 08.04.2018

## ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ РЕАКЦИОННОГО ГАЗА НА СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ZrN

БНТУ, г. Минск

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Комаровская В. М.

На сегодняшний день нитридные покрытия находят широкое применение в различных отраслях современной техники. Интерес к материалам на их основе обусловлен такими характеристиками, как высокая температура плавления многих нитридов, повышенная твердость, абразивная способность, тугоплавкость, пластичность при высоких температурах и др. [1-2].

Существенное влияние на фазовый состав и структурные характеристики покрытий на основе нитридов оказывает давление реакционного газа – азота [3]. Таким образом, рассмотрим зависимости периода решетки и размера областей когерентного рассеяния (ОКР) покрытий на основе ZrN от давления реакционного газа (рисунок 1).

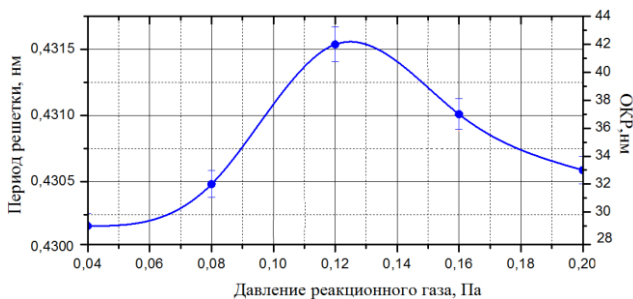


Рисунок 1 – Зависимость периода решетки и размера ОКР от давления азота для покрытий ZrN

Как видно из графика, все приведенные значения периода решетки превосходят величину 0,4243 нм, характерную для массивного ZrN-стехиометрического состава. Максимальное

значение периода кристаллической решетки данных покрытий оказывается крайне высоким и достигает 0,431 нм, что может быть связано с рядом факторов, наиболее значимым из которых является формирование высоких сжимающих напряжений, обусловленное интенсивной ионной бомбардировкой поверхности роста. Так как температура и время осаждения, а также материал подложки были постоянными, то вклад термической составляющей во всех экспериментах был одинаков. Оценка остаточных напряжений термического происхождения в покрытиях на основе ZrN, осажденных на подложки при температуре  $\leq 500^\circ\text{C}$ , дает значения сжимающих напряжений, не превышающих 2 ГПа, что существенно ниже полученных ранее 3–4 ГПа. Очевидно, что при изменении давления реакционного газа решающий вклад в изменение величины остаточных напряжений вносит структурная составляющая.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Андриевский, Р. А. Формирование структуры, микро-твердости многослойных дуговых конденсатов на основе нитридов / Р. А. Андриевский, И. А. Анисимова, В. Г. Анисимов // *ФиХОМ*. – 1992. – № 2. – С. 99–102.
2. Левашов, Е. А. Многофункциональные наноструктурированные пленки / Е. А. Левашов, Д. В. Штанский // *Успехи химии*. – 2007. – № 76(5). – С. 501–509..
3. Латушкина, С. Д. Вакуумно-дуговые нанокристаллические покрытия на основе нитрида титана / С. Д. Латушкина [и др.] // *Перспективные материалы*. – 2014, №6, с. 49–55.

**МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ  
ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКРЫТИЙ  
ЭЛЕКТРОДУГОВЫМ МЕТОДОМ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Комаровская В. М.*

В результате многочисленных исследований установлено, что одним из перспективных путей решений проблемы повышения стойкости инструмента, является применение защитных покрытий различных составов. Известно, что работоспособность режущего инструмента может быть повышена благодаря такому изменению поверхностных свойств инструментального материала, при котором контактная зона инструмента будет наиболее эффективно сопротивляться абразивному, адгезионному, коррозионно-окислительному и другим видам износа при повышенных температурах и характеризоваться достаточным запасом прочности при сжатии, изгибе и наличии ударных нагрузок [1]. Одним из решений этой задачи служит формирование на поверхности инструмента покрытия, удовлетворяющего [2] условиям эксплуатации инструмента, требованию совместимости свойств материала покрытия со свойствами материала инструмента, технологическим требованиям. Из методов физического осаждения покрытия наиболее перспективен метод конденсации покрытий из плазменной фазы в вакууме с ионной бомбардировкой поверхностей инструмента.

К общим требованиям для покрытий, наносимых на режущие инструменты, можно отнести:

1) высокую плотность и сплошность, исключаяющие доступ активных реагентов к поверхности материала;

2) предельно малые колебания толщины, покрытия на рабочих поверхностях инструмента и на переходном участке между передней и задней поверхностями;

3) стабильность свойств покрытия на рабочих поверхностях инструмента;

4) возможность получения покрытий предельно простым и экономичным способом;

5) временную стабильность свойств покрытия.

Возможность широкого варьирования температурой в зонах образования покрытий позволяет использовать вакуумно-плазменные методы для нанесения покрытий на твердые сплавы и инструментальные стали. Такие покрытия универсальны и с точки зрения возможности получения широкой гаммы многослойных и многокомпозиционных покрытий на базе нитридных, карбидных, карбонитридных, оксидных, боридных соединений тугоплавких металлов IV–VI групп периодической системы элементов. Наибольшее применение в качестве износостойких покрытий для режущих инструментов получили титаносодержащие покрытия, обладающие свойствами, во многом удовлетворяющими требованиям, предъявляемым к покрытиям для режущих инструментов.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Васильев, А. С. Технологические основы управления качеством машин / А. С. Васильев [и др.]. – М.: «Машиностроение», 2003. – 256 с.

2 Андреев, А. А. Вакуумно-дуговые устройства и покрытия / А. А. Андреев [и др.]. – Харьков, 2005. – 236 с.

**ПРИЧИНЫ И ПРИЗНАКИ ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ  
ТУРБОКОМПРЕССОРОВ ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ  
ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Вегера И. И.*

В данной научной статье представлены основные причины выхода из строя турбокомпрессора, а также предложено решение по улучшению работы и увеличению ресурса.

Турбокомпрессор – это устройство, использующее отработавшие газы для увеличения давления внутри впускной камеры.

Как и каждый механизм турбокомпрессор может выйти из строя. Ниже приведены основные причины выхода из строя автомобильного турбокомпрессора:

- масло попадает в цилиндр двигателя сгорает в турбине, это происходит из-за утечки;
- неисправна система управления турбокомпрессора из-за этого интеркулер пропускают воздух;
- турбокомпрессора чем-то загрязнен;
- загрязнился сливной маслопровод или канал, через который подходит воздух или закоксувался корпус оси турбокомпрессора, что приводит к увеличенному расходу масла;
- неисправна систему управления турбокомпрессора, в следствии этого в двигатель поступает недостаточно воздуха;
- место соединения выхода компрессора и двигателя пропускает воздух;
- корпус турбины треснул или немного деформировался, а лопасти касаются краев трещин;
- работающая турбина шумит больше обычного так как провод, подающий масло, загрязнен, а осевой и радиальный зазоры ротора увеличились. Возможно, они трутся о корпус турбины;



- воздушный фильтр или канал поступления воздуха к турбокомпрессору сильно загрязнились. Поэтому чрезмерно уходит топливо, а токсичность выхлопа заметно увеличилась;

- трещины на байпасном клапане турбины, которая приводит к утечке газа;

Данные причины можно устранить следующими способами:

1. Соблюдать правила эксплуатации, которые заключаются в следующем:

- своевременно менять воздушные фильтры;

- заливать оригинальное масло и качественное топливо;

- полностью менять масло в системе турбонаддува после каждых 7 тыс.км пробега;

- следить за величиной давления наддува;

- обязательно прогревать автомобиль с дизельным двигателем и турбокомпрессором;

- после длительной поездки дать горячему двигателю остыть – поработать на холостых оборотах минимум 3 минуты;

- регулярно проводить диагностику и позаботиться о профессиональном обслуживании.

2. Для того чтобы увеличить ресурс турбокомпрессора можно вносить изменения в конструкцию, используя способ улучшения вибрационных характеристик и устранения вибрации роторов турбин или коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания. Для снижения уровня вибрации на вал устанавливают, по меньшей мере, один нагрузочный подшипник, который включается в работу перед пуском или в период раскрутки вала до достижения турбиной или двигателем внутреннего сгорания зоны критических чисел оборотов вращения вала и выключается из работы после прохождения ими вышеуказанной зоны оборотов. В результате этого вал оказывается прижатым к нижней части, по меньшей мере, одного опорного подшипника или нескольких таких подшипников при прохождении зоны критических чисел оборотов. Тем самым создаются нормальные условия работы трущейся пары "вал-подшипник".

## **АНАЛИЗ СПОСОБОВ ИЗОЛЯЦИИ СИСТЕМ, РАБОТАЮЩИХ СО СЖИЖЕННЫМ ПРИРОДНЫМ ГАЗОМ**

*ОАО «ОКБ Академическое», г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Комаровская В. М.*

Оборудование систем, соприкасающихся со сниженным природным газом (далее СПГ), должно быть защищено от притока тепла из окружающей среды, так как при понижении рабочей температуры увеличиваются теплоприток через изоляцию и потери продукта, сокращается время бездренажного хранения.

Условно изоляцию криогенных систем подразделяют на изоляцию, находящуюся под атмосферным давлением, и вакуумную теплоизоляцию. Первую применяют в основном до температур выше 80 К, исключая тем самым конденсацию воздуха на поверхности аппарата. Вторую – при температурах ниже 80 К.

Теплообмен при всех видах низкотемпературной изоляции осуществляется излучением, теплопроводностью газа и твердого тела.

Для СПГ в общем случае наиболее целесообразно применять изоляцию, находящуюся под атмосферным давлением. Это связано с высокой теплоемкостью продукта и уровнем температуры конденсации (111 К), которая существенно выше, чем для других криогенных продуктов. Теплота в этом виде изоляции передается по теплоизоляционному материалу и через газ, заполняющий в ней пустоты. В качестве теплоизолирующей среды применяют волокнистые (минеральная вата, стекловата), порошкообразные (перлит, аэрогель), ячеистые (мипора, пенопласт) материалы. Следует иметь в виду, что при появлении капельной влаги и льда процесс теплопереноса резко интенсифицируется вследствие их высокой теплопроводности, которая на порядок выше, чем у воздуха. Поэтому попадание влаги в изоляцию необходимо исключать.

Порошково-вакуумная изоляция нашла широкое применение в транспортных сосудах для криогенных жидкостей и в некоторых заправочных емкостях с температурой  $T > 80$  К. Она может применяться и при работах с СПГ. При создании как криогенных емкостей, так и трубопроводов с такой изоляцией механизм передачи тепла от криогенной жидкости к наружному воздуху осуществляется через изоляционное пространство, создаваемое двумя сосудами (один в другом) и заполняемое порошковым материалом. В качестве порошковых материалов можно использовать магнезию, минеральную вату, перлит, стекловату, кремнегель, аэрогель, мипору. На практике используют аэрогель и перлит. При вакууме  $1 \times 10^2$  мм рт. ст. перенос теплоты газом при расчетах можно исключить. Экспериментальные данные показывают, что, начиная с давления  $p = 1 \times 10^{-1}$  мм рт. ст., теплопроводность мало зависит от давления. При температуре  $T < 80$  К решающую роль играет теплопроводность твердых частиц, а при  $T = 80 \dots 300$  К основной поток теплоты осуществляется путем лучистого теплообмена через порошок. Для существенного уменьшения теплопроводности (лучистого теплопереноса) в изоляцию добавляется алюминиевая или медная пудра.

В криогенном оборудовании широко применяется вакуумно-многослойная изоляция, как наиболее эффективная. Многократное экранирование межстенного пространства емкостей и трубопроводов приводит к резкому снижению лучистого потока. Вакуумно-многослойная изоляция состоит из большого числа слоев материала с низкой излучательной способностью, которые служат экранами, разделенными теплоизолирующими прокладками и отражающими тепловое излучение. В качестве основного материала для такой изоляции применяют алюминиевую фольгу и стеклоткань.

Для исключения переноса теплоты газом необходимо снизить давление в теплоизолирующем пространстве до  $1 \times 10^{-4}$  мм рт. ст., что существенно ниже, чем при вакуумно-

порошковой изоляции. При таком вакууме на теплопроводность многослойной изоляции влияет лишь излучение и контактная теплопроводность слоистого материала. Для снижения теплопроводности по твердому телу применяют прокладочные материалы с малой плотностью и не допускают обжата слоев изоляции. Любой вид вакуумной изоляции дорогостоящий, требует герметизации вакуумного пространства и соответствующего оборудования для его вакуумирования, поэтому его применение может быть оправдано для СПГ только в случае острой необходимости.

Исходя из вышеизложенного можно отметить, что для теплоизоляции оборудования работающего с СПГ допускается использовать как изоляцию, находящуюся под атмосферным давлением, так и вакуумную теплоизоляцию. Однако в первую очередь необходимо учитывать технологические условия эксплуатации оборудования и экономическую эффективность применяемой теплоизоляции.

УДК 621.642.2

Чичиков С. В.

## **РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОЙ МОБИЛЬНОЙ ЗАПРАВОЧНОЙ УСТАНОВКИ КОНТЕЙНЕРНОГО ТИПА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ВЫДАЧИ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА**

*ОАО «ОКБ Академическое», г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Комаровская В. М.*

Производство и использование в качестве энергоресурса сжиженного природного газа (далее СПГ) – одно из наиболее перспективных направлений в мировой энергетике. Мировой рынок СПГ в настоящее время активно развивается.

СПГ-технологии находят широкое применение в связи с трудностями создания магистральных трубопроводов для транспортировки природного газа в труднодоступных местах. Это со-

здает новый формат газовых поставок, которые становятся актуальными, например, для газификации удаленных коммунальных и промышленных объектов и населенных пунктов, а также для получения электроэнергии на автономных электростанциях (приводом у которых являются СПГ-двигатели), эксплуатируемых на вновь разрабатываемых месторождениях.

Доставка СПГ к месту эксплуатации может осуществляться автомобильным, железнодорожным, водным и авиатранспортом. Особенно перспективно выглядит использование СПГ в качестве автомобильного топлива. На фоне значительного ужесточения экологических нормативных требований в развитых странах стремительно растет потребление этого продукта, ведь именно он наносит меньше ущерба окружающей среде по сравнению с традиционными видами топлив, получаемых из нефти.

Одним из путей применения СПГ в качестве автомобильного топлива является создание автономной мобильной заправочной установки контейнерного типа для хранения и выдачи сжиженного природного газа (далее АМЗУКТ).

В настоящее время в Республике Беларусь отсутствуют предприятия, имеющие опыт разработки и производства заправочных станций, работающих на СПГ. Поэтому, основными поставщиками оборудования, применяемого для создания АМЗУКТ являются предприятия-изготовители из России, Китая, Франции, Италии и др. Главным достоинством организации производства сложнотехнического оборудования для АМЗУКТ на территории нашей Республики является возможность импортозамещения при использовании СПГ в качестве энергоресурса и получение валютной выручки при поставках оборудования на экспорт.

Оптимальные технические характеристики АМЗУКТ: изоляция резервуара – перлитно-вакуумная (давление 10-15 Па); максимальное давление в рабочем объеме - 1,8 МПа; категория производства по взрывопожароопасности «Ан», по ПУЭ «В-1Г»; рабочий диапазон температур - от -40 до +50 °С; минимальная температура рабочей среды в резервуаре -162 °С;

объем резервуара  $V=3,0 \dots 15$  м<sup>3</sup>; расчетное давление фильтров газа, запорной и предохранительной арматуры  $P_{рас}=1,8$  МПа; герметичность затвора трубопроводной арматуры должна соответствовать классу А по ГОСТ 9544-2015; оборудование устанавливается на общей раме.

Принципиальная схема установки представлена на рисунке 1.

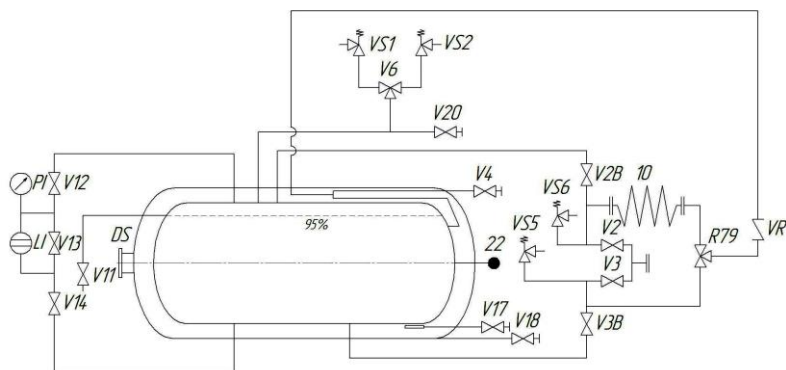


Рисунок 1 – Принципиальная схема АМЗУКТ:

VS1-VS2 – Предохранительные клапаны емкости; VS5-VS6 – Предохранительные клапаны трубопроводов; V6 – Переключающий трехходовой клапан; V20 – Вентиль газосброса; V2-V2B – Наполнительный вентиль; V3-V3B – Наполнительный вентиль; R79 – Комбинированный регулятор-экономайзер; VR – Встроенный невозвратный вентиль; V4 – Вентиль выдачи жидкости; 10 – Испаритель подъема давления; V17-V18 – Вентиль вакуумного насоса и вакуумметра; V11 – Вентиль верхнего уровня наполнения; DS – Предохранительный диск вакуумной полости; 22 – Дополнительная линия выдачи жидкости; V12-V13-V14 – Коллектор; PI – Манометр; LI – Уровнемер

В будущем планируется более детальная проработка материальных и конструктивных особенностей установки в целях обеспечения высокой надежности, экологичности, экономичности и долговечности в соответствии с требованиями, предъявляемыми к промышленной безопасности объектов в области газоснабжения.

## ОСАЖДЕНИЕ ПОКРЫТИЙ (Ti, Cr)<sub>x</sub>N ВАКУУМНО-ДУГОВЫМ МЕТОДОМ

БНТУ, г. Минск

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Латушкина С. Д.*

Одной из важнейших задач физики конденсированного состояния и материаловедения является разработка новых способов улучшения поверхностных свойств материалов, используемых в машиностроении и других отраслях промышленности. При практическом применении их поверхность подвергается интенсивным разрушающим воздействиям, к которым можно отнести трение, износ, коррозию и окисление материала. Поскольку обычно разрушение начинается с поверхности, то для увеличения срока эксплуатации соответствующих узлов и деталей достаточно их поверхностного модифицирования путем нанесения покрытий на основе системы Ti-N, обладающие высокой твердостью, износостойкостью, коррозионной стойкостью. Введение в TiN легирующих добавок, в частности, хрома, способствует дополнительному улучшению их механических характеристик, что стало новым этапом создания многоэлементных нитридных покрытий [1].

Покрытие на основе системы Ti-Cr-N формируются методом вакуумно-дугового осаждения при совмещении плазменных потоков титана и хрома в среде реакционного газа - азота. Изменение концентрации хрома в покрытии на основе TiN приводит к изменению фазо-структурного состояния покрытий.

При вакуумно-дуговом осаждении, используя только один катод ( $I_{Ti}=100$  А,  $U_b=-120$ В), формируется однофазное покрытие TiN<sub>c</sub> кубической ГЦК-решеткой.

Анализ дифракционных спектров покрытий Ti<sub>1-x</sub>Cr<sub>x</sub>N (0,36<x<0,70) показывает, что во всем исследуемом концентрационном диапазоне угловое положение их дифракционных ли-

ний находится между значениями для TiN и CrN, что свидетельствует о формировании твердого раствора (Ti, Cr)N с ГЦК-решеткой, образованного на базе кристаллической решетки TiN, в которой часть атомов Ti замещено атомами Cr. Обнаружено, что покрытия  $Ti_{1-x}Cr_xN$  ( $0,36 < x < 0,70$ ) формируются с преимущественной ориентацией плоскости, параллельной поверхности подложки. При формировании покрытия CrN образуются кубическая CrN и гексагональная  $\beta$ -Cr<sub>2</sub>N фазы и содержание хрома достигает 82 ат.%, что обусловлено его меньшим (в 3 раза) химическим сродством к азоту по сравнению с титаном.

В зависимости от концентрации элементов меняются механические характеристики покрытий (табл.1)

Таблица 1 – Механические характеристики вакуумно-дуговых покрытий

Покрытие	Твердость системы «покрытие-подложка» $H_c$ , ГПа, при нагрузке, мН			Истинная твердость $H_{\mu}^0$ , ГПа
	30	50	100	
TiN	25,5	23,1	22,7	24,8
Cr <sub>0,82</sub> N <sub>0,18</sub>	13,1	10,4	7,4	19,8
Ti <sub>0,36</sub> Cr <sub>0,64</sub> N	28,4	26,9	21,6	32,5
Ti <sub>0,60</sub> Cr <sub>0,40</sub> N	27,3	24,1	21,8	35,9
Ti <sub>0,64</sub> Cr <sub>0,36</sub> N	24,3	18,4	17,3	34,8

Обнаружено, что в покрытиях  $Ti_{1-x}Cr_xN$  ( $0,36 < x < 0,64$ ) твердость составляет 32,5-35,9 ГПа (в 1,5 раза выше по сравнению с покрытием TiN).

Так же обнаружено уменьшение коэффициента трения покрытий  $Ti_{1-x}Cr_xN$  ( $0,36 < x < 0,64$ ) в 1,3-1,8 раз (по сравнению с TiN).

Нанесение покрытий  $Ti_{1-x}Cr_xN$  ( $0,36 < x < 0,64$ ) приводит к повышению коррозионной стойкости стали Ст3 в 1,5 раза в солевой (3%-ый раствор NaCl) и до 2,7 раза в сернокислой (1 МН<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) средах.



В результате проведения изохронного отжига в течение 1ч согласно данным РСА твердый раствор (Ti, Cr)Nс ГЦК-решеткой является термодинамически стабильным до температуры 900 °С, т.е. распада фазы твердого раствора (Ti, Cr)N не происходит.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Электронная библиотека БГУ [Электронный ресурс] / Авторефераты диссертаций, защищенных в 2016 г. – Минск, 2016. – Режим доступа : <http://elib.bsu.by/handle/123456789/161562/>. – Дата доступа : 01.04.2018.

УДК 621.791.722

Шастерик А. А.

### ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ СВАРКА

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук Данильчик С. С.*

Электронно-лучевая сварка – сварка, источником энергии при которой является кинетическая энергия электронов в электронном пучке, сформированном электронной пушкой [1].

Используется для сварки тугоплавких, высокоактивных металлов в космической, авиационной промышленности, приборостроении и др. Электронно-лучевая сварка используется и при необходимости получения высококачественных швов с глубоким проплавлением металла, для крупных металлоконструкций.

Электронно-лучевая сварка проводится электронным лучом в вакуумных камерах. Размеры камер зависят от размеров свариваемых деталей и составляют от 0.1 до нескольких сотен кубических метров [3□3].

Плавление металла при электронно-лучевой сварке и образование зоны проплавления обусловлено давлением потока электронов в электронно-лучевой пушке, выделением теплоты

в объеме твердого металла, реактивным давлением испаряющегося металла, вторичных и тепловых электронов и излучением.

Сварка производится непрерывным или импульсным электронным лучом. Импульсные лучи с большой плотностью энергии и частотой импульсов 100-500 Гц используются при сварке легкоиспаряющихся металлов, таких как алюминий, магний. При этом повышается глубина проплавления металла. Использование импульсных лучей позволяет сваривать тонкие металлические листы [2].

В камере, формирующей электронный луч, откачивается воздух вплоть до давлений 1-10 Па. Это приводит к высокой защите расплавленного металла от газов воздуха.

В электронно-лучевой сварке применяют следующие технологические приемы для улучшения качества шва:

- сварку наклонным лучом (отклонение на  $5-7^\circ$ ) для уменьшения пор и несплошностей в металле;
- сварку с присадкой для легирования металла шва;
- сварку на дисперсной подкладке для улучшения выхода паров и газов из металла;
- сварку в узкую разделку;
- сварку двумя электронными пушками, при этом одна пушка производит проплавление металла, а вторая формирует корень канала;
- предварительные проходы для очистки и обезгаживания кромок свариваемых металлов;
- двустороннюю сварку одновременно или последовательно;
- развертку электронного луча: продольную, поперечную, X-образную, круговую, по эллипсу, дуге и т. п.;
- расщепление луча для одновременной сварки двух и более стыков;
- модуляцию тока луча частотой 1-100 Гц. для управления теплоподачей в сварной шов.

Электронно-лучевая сварка имеет следующие преимущества:

- высокая концентрация теплоты позволяет за один проход сваривать металлы толщиной от 0,1 до 200 мм;
  - для сварки требуется в 10-15 раз меньше энергии чем для дуговой сварки;
  - отсутствует насыщение расплавленного металла газами.
- Недостатки:

- образование непроваров и полостей в корне шва;
- необходимость создания вакуума в рабочей камере.

Электронно-лучевые установки подразделяются на универсальные и специализированные, высоковакуумные (давление менее  $<10^{-1}$  Па), промежуточного вакуума (давление  $10-10^{-1}$  Па), сварка в защитном газе ( $10^3-10^5$  Па), на камерные (изделие внутри рабочей камеры) и с локальным вакуумированием (герметизация) изделия в зоне сварки [□4].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Назаренко, О. К. Электронно-лучевая сварка / О. К. Назаренко, А. А. Кайдалов, С. Н. Ковбасенко и др./ Под ред. Б. Е. Патона.– Киев: Наукова думка, 1987.– 256 с.
2. Шиллер, З. Электронно-лучевая технология / З. Шиллер, У. Гайзиг, З. Панцер. – М.: Энергия, 1980. – 528 с.
3. Попов, В. Ф. Процессы и установки электронно-ионной технологии / В. Ф. Попов, Ю. Н. Горин.– М.: Высш. шк., 1988. – 255 с.
4. Виноградов, М.И. Вакуумные процессы и оборудование ионно - и электронно-лучевой технологии / М. И. Виноградов, Ю. П. Маишев. – М.: Машиностроение, 1989. – 56 с.

## ОКСИДТИТАНОВЫЕ ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫЕ ПОКРЫТИЯ

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Латушкина С. Д.*

Постоянно растущие значение в общем объеме функциональных покрытий имеют покрытия защитно-декоративного назначения, позволяющие не только обеспечить высокие защитные свойства изделий, но и придать им надлежащее декоративное оформление, соответствующее требованиям технической эстетики и дизайна. Дальнейший прогресс в области защитно-декоративных покрытий связан как с повышением их функциональных свойств, так и с использованием прогрессивных технологий их формирования. В этом плане широкими потенциальными возможностями обладают вакуумно-плазменные способы, имеющие ряд преимуществ по сравнению с традиционными технологиями осаждения покрытий.

Актуальность выполнения исследований в области изучения характеристик оксидных покрытий диктуется так же и тем фактором, что соединения металлов, и, в частности, титана, с кислородом обладают чрезвычайно широким спектром цветовых параметров в зависимости от концентрации кислорода и степени окисления металла. Однако реализация на практике высоких эксплуатационных свойств оксидтитановых покрытий, сопряжена с необходимостью получения экспериментальных и теоретических данных, касающихся оптимизации режимов осаждения, обеспечивающих получение конденсатов требуемой структуры и фазового состава.

Наиболее значимым технологическим параметром, предполагающим различие в фазо-структурном состоянии покрытий, является парциальное давление реакционного газа. Согласно источнику [1], выбор граничных значений интервала опреде-

лялся следующими соображениями. Снижение давления ниже  $8 \cdot 10^{-3}$  Па не приводит к изменению цвета покрытия от светло-серого, а увеличение  $> 0,2$  Па вызывает быстрое окисление поверхности анода и рабочей зоны катода в результате чего резко снижается устойчивость горения дуги при малых токах разряда. Кроме того, при больших давлениях газа-реагента покрытие становится чрезвычайно пористым, вследствие чего падают его физико-механические свойства.

В соответствии с фазовым составом покрытий можно констатировать существование трех областей парциальных давлений газа-реагента, в пределах которых происходит образование следующих фаз в составе покрытия:  $TiO$  – решетка типа ГЦК,  $Ti_2O_3$  – ромбоэдрическая решетка типа  $Al_2O_3$  и  $TiO_2$  – ОЦТ– решетка.

Изменение фазового состава приводит к различию в декоративных свойствах покрытий. Так, область фазы  $TiO$  ( $P_O < 1,34 \cdot 10^{-2}$  Па) характеризуется присутствием желтого и красного тонов, причем при незначительном парциальном давлении кислорода абсолютное значение желтого тона в три раза больше красного, что и предопределяет доминирующий цвет покрытия. С ростом давления газа-реагента наблюдается уменьшение как желтого, так и красного цветов, однако уменьшение первого из указанных происходит более интенсивно, в результате чего имеет место переход к коричневым тонам.

В области фазы  $Ti_2O_3$  ( $1,7 \cdot 10^{-2}$  Па  $< P_O < 6,7 \cdot 10^{-2}$  Па) цветовые параметры ведут себя неоднозначно. Это наиболее цветочувствительная область давлений, обеспечивающая получение покрытий широкой цветовой гаммы. Формирование конденсатов, однотонных по цвету, в этом случае требует оптимального соответствия между парциальным давлением кислорода (в рассматриваемом интервале) и плотностью ионного тока, поступающего на поверхность основы.

Для фазы  $\text{TiO}_2$  ( $9,4 \cdot 10^{-2} \text{ Па} < P_0 < 0,2 \cdot 10^{-2} \text{ Па}$ ) доминирующими является зеленый и желтый тона, суперпозиция которых определяет общий синий цвет покрытий, имеющий серый оттенок, о чем свидетельствует невысокое значение светлоты.

Определение точных технологических режимов напыления, позволит повысить воспроизводимость и использовать оксидные покрытия для имитации цвета сплавов драгоценных металлов, соответствующей декоративной отделки антикварных изделий, при выяснении материаловедческих вопросов древних технологий глазурования и т.д.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мрочек Ж.А. Плазменно-вакуумные покрытия: Монография / Ж.А. Мрочек [и др.]. – Мн.: УП «Технопринт», 2004, – 369 с.

УДК 621.762.4

Шкробот В. А.

## **ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТИ**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Латушкина С. Д.*

Работоспособность деталей с покрытиями в значительной степени зависит от состояния их поверхности перед нанесением покрытия, поэтому способ подготовки поверхности детали оказывает существенное влияние на адгезию и качество наносимых покрытий. В связи с усложнением производства и ужесточением условий эксплуатации деталей машиностроения, созданием новых способов и совершенствованием традиционных технологий формирования покрытий существенно возрастают требования к подготовке поверхности. В некоторых отраслях промышленности подготовка поверхности составляет до 10% от трудоемкости изготовления деталей. Интенсификация процессов подготовки поверхности является большим резервом повышения производительности труда и снижения себестоимости де-

талей. Поэтому использование более совершенных способов подготовки поверхностей обеспечит повышение качества деталей машиностроения с упрочняющими и защитными покрытиями.

Химическая чистота поверхности детали – одно из основных условий высокого качества наносимого покрытия. Загрязненность поверхности затрудняет взаимодействие материала покрытия материалом основы и, как следствие приводит к отслаиванию и растрескиванию покрытия.

Существующие способы подготовки поверхности под покрытие можно разделить на: механические, физические, химические и электрохимические [1].

К механическим способом относятся, например, шлифование и полирование, галтовка и виброабразивная обработка. Эти способы характеризуются простотой оборудования и технологий, обеспечивают требуемую шероховатость поверхности, но имеют ряд существенных недостатков. Основным из них является образование в процессе механической обработки дефектного поверхностного слоя. Этот слой обладает повышенной твердостью и хрупкостью и содержит помимо мелкокристаллической раздробленной смеси оксидов, нитридов и других соединений сильно деформированные зерна металла, инородные включения, скрытые дефекты и микротрещины. Наличие дефектного поверхностного слоя затрудняет заключительную операцию подготовки поверхности в вакуумной камере и приводит к снижению качества вакуумно-плазменных покрытий. Кроме того, механические способы подготовки приводят к направленной анизотропии магнитных свойств, особенно опасной для деталей из немагнитных материалов, так как это не только сказывается на качестве покрытий, но и ухудшает работоспособность изделий.

Физические способы подготовки поверхности включают воздействие на нее высокоэнергетических частиц (ионов, электронов, фотонов), а также тепловое воздействие, напри-

мер вакуумный отжиг, при котором выгорают жидкие органические загрязнения и происходит дегазация металла.

Химическая обработка включает обезжиривание, травление и химическое полирование. Химический способ удаления жировых отложений основан на взаимодействии с ними органических растворителей. Обезжиривание производят погружением заготовок в жидкий растворитель, либо при помощи струйной обработки. Очень эффективна совместно с применением ультразвуковой очистки.

Для подготовки поверхности используют также электрохимическое полирование (ЭХП), – обработку поверхности детали в электролите и подводом внешнего тока. При ЭХП процесс очистки протекает интенсивно за счет обильно выделяющегося на поверхности детали газа и электрохимического растворения окислов и металлов. Для ЭХП в настоящее время известно большое количество электролитов. Большинство из них представляют соединения на основе кислот.

К основным недостаткам этих способов относят: низкую работоспособность растворов, трудность их корректировки и регенерации, высокую рабочую температуру, выделение агрессивных и вредных паров, применение концентрированных кислот и вредных веществ, снижение микротвердости поверхности деталей. Кроме того, наличие после ХП хемосорбционных слоев, вязких пленок или пленок другой природы на поверхности, а после ЭХП – оксидных и вязких поверхностных пленок отрицательно сказывается на параметрах качества вакуумно-плазменных покрытий [2].

Каждый из представленных методов имеет свои достоинства и недостатки, поэтому немаловажной задачей является грамотный анализ дальнейшего техпроцесса, а также условий работы конечного изделия. Это позволит в конечном итоге получить желаемое сочетание экономических и технологических параметров.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Мрочек, Ж. А. Плазменно-вакуумные покрытия: Монография / Ж. А. Мрочек [и др.]. – Мн.: УП «Технопринт», 2004, – 369 с.
2. Сулима Л. М. Поверхностный слой и эксплуатационным свойства деталей машин./ Н. А. Шулом, Ю. Д.Ягодкин – М.: Машиностроение, 2008. – 240 с.

УДК 666.11.01

Шпилевский В. Е.

### **МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ПРОЧНОСТИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СТЕКЛА**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: преподаватель Суша Ю. И.*

Вследствие очень высокой прочности на сжатие стекло всегда разрушается при растяжении. Так как в строительстве стекло крайне редко используется в прямом растяжении, наиболее важным свойством для сопротивления нагрузке является прочность на растягивающий изгиб. Все испытания предназначены для оценки прочности стекла на растягивающий изгиб. На прочность на изгиб влияют следующие факторы: состояние поверхности; скорость и продолжительность нагружения; площадь поверхности, напряженной растяжением; окружающая среда; растрескивание по напряжениям, а также образование поверхностных дефектов в стекле; возраст, то есть время, прошедшее после последней механической или какой-либо другой обработки поверхности, вызывающей ее повреждение; температура.

Методы испытания предполагают создание однородных изгибающих напряжений по всей испытываемой площади образца. Однако испытания статически недетерминированы, поэтому напряжения, созданные за счет приложенной нагрузки, зависят как от природы испытываемого материала, так и от распределения нагрузки. Испытания, предназначены для плоского

стекла. Сюда входит флоат - стекло, тянутое листовое стекло, узорчатое стекло, узорчатое армированное стекло, полированное армированное стекло и закаленное стекло, то есть стекла, где отсутствует преднамеренно созданная кривизна или профиль отличный от узорчатой поверхности узорчатого стекла.

Одним из методов испытания прочности изделий из стекла является метод двух коаксиальных колец, при этом особенностью данного метода является то, что только ограниченная круговой формой площадь поверхности образца подвергнута максимальному напряжению. По сравнению с другими методами испытаний на изгиб, в котором границы образца подвергаются наибольшему напряжению, метод подходит для поверхностей, подверженных исключительно напряжению изгиба (или других состояний поверхностей). Эффект состояния кромки образца не влияет на большую часть образцов.

Образцы с одной или двумя узорчатыми поверхностями нельзя испытывать при малой площади поверхности методом двух коаксиальных колец, так как поверхность узора имеет практически тот же размер, что тестируемая поверхность. Тем не менее, испытать стекло с узорчатой поверхностью можно методом испытания на изгиб двумя кольцами с использованием большей площади поверхности. При одной или двух узорчатых поверхностях, условие линейного введения усилия границами нагрузочного кольца нарушается необходимостью введения более толстого промежуточного слоя со стороны нагрузочного кольца.

Отдельной особенностью испытания на изгиб методом двух коаксиальных колец для малых испытываемых площадей поверхности является тот факт, что максимальному напряжению подвергается только ограниченная область поверхности образца круглой формы, не включая ее кромки. По сравнению с другими методами испытаний на изгиб в котором кромки образца подвергаются максимальному напряжению, метод подходит

исключительно для подверженных изгибающему напряжению поверхностей или различных состояний поверхностей.

Одним из преимуществ данного метода является равномерное и независящее от направления нагружение образца нагружающим кольцом, которое означает, что направление возможных дефектов поверхности не влияет на результат. Тем не менее, это относится только к ограниченным прогибам в центре образца. Выше этого предела, чрезмерное локальное напряжение может иметь место под опорными краями нагрузочного кольца, величина которого увеличивается с увеличением нагрузки.

Для определения ударной прочности стекла применяют метод с использованием маятникового копра. Метод состоит в определении энергии, затрачиваемой на разрушение образца, свободно лежащего на опорах, при однократном ударе маятника. Испытания по определению ударной вязкости проводят при температуре  $(20 \pm 5)$  °С и относительной влажности воздуха от 40% до 70%. Конструкция копра должна обеспечивать касание ножа маятника по линии в вертикальной плоскости с поверхностью испытываемого образца. Отклонение положения рабочей кромки ножа маятника от испытываемого образца должно быть не более  $\pm 0,1$  мм.

Следует отметить, что метод испытания на изгиб двумя кольцами с использованием большой площади поверхности, в отличие от остальных сопровождается сложными вычислениями с использованием, так называемого числа Пуассона, которое зависит от типа стекла. Также в методе двух коаксиальных колец исключают влияния граничных эффектов, в то время, когда при испытании образца, закрепленного на двух точках включают их. Изменение напряжения во всех методах отличается, так как мы испытываем изделия из различной структуры и типа формы. В заключении следует отметить, что выбор метода испытания на изгиб производят в зависимости от формы и структурного состава стекла.

**ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ПЕЧИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВАКУУМНОЙ ЗАКАЛКИ В МАСЛО***140 ремонтный завод, г. Минск**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Комаровская В. М.*

Основным преимуществом вакуумной закалки является точный контроль параметров охлаждения. При осуществлении вакуумной закалки в масло регулируются не только стандартные параметры процесса (температура, скорость перемешивания масла), но также есть возможность изменения давления над закалочным баком.

Наиболее высокая скорость охлаждения присуща фазе кипения, поэтому регулирование давления масла приведет к изменению скорости его испарения. Снижение давления активизирует процесс испарения, увеличивая эффективность охлаждения закалочной жидкости и улучшая производительность. Однако, обширное испарение газа может привести к образованию неоднородной паровой рубашки, что потенциально может привести к короблению [2].

Увеличение давления замедляет процесс испарения. Паровая рубашка равномерно обволакивает деталь. Процесс закалки проходит более равномерно, вероятность возникновения коробления снижается.

Благодаря высокой эффективности вакуумная закалка в масло гарантирует качество и безопасность обработки даже для деталей большого сечения и малой прокаливаемости, в отличие от газовой закалки в вакууме.

Точное управление условиями закалки позволяет получить схожие, а в некоторых случаях даже лучшие, показатели деформации деталей при гораздо более плотной загрузке садок, чем при газовой закалке.

Также преимуществом метода является низкая стоимость обслуживания и расходных материалов.

Обработка в вакууме защищает не только садку от воздействия кислорода, но и закалочное масло от окисления. В отличие от обычной закалки в масло и закалки в масло в защитной атмосфере, в процессе вакуумной закалки в масло не происходит сгорания масла.

Характеристики масла, в процессе эксплуатации остаются практически неизменными, что способствует стабильной воспроизводимости материала.

Масляный пар, образующийся во время закалки, конденсируется как на внутренних стенках печи, так и на специально предназначенном для этих целей водоохлаждаемом теплообменнике. Таким образом осуществляется замкнутый цикл циркулирования масла. Потери масла могут происходить только при извлечении садки.

Для очистки масла от примесей нет необходимости в постоянной фильтрации, что исключает риск засорения и расхода масла в фильтрах.

После любого процесса закалки в масло, необходимо удалять образовавшуюся пленку. Однако, детали после вакуумной закалки в масло визуально практически не отличаются от деталей закаленных в газе [2]. Как правило, после обработки не требуется специальных моющих растворов и оборудования.

Низкая инерция камеры нагрева позволяет выключать печь, когда она не используется. Немаловажным преимуществом метода является значительная экономия электроэнергии в нерабочие дни, без потери производительности при перезагрузке.

В последние годы область применения вакуумных печей для закалки в масло существенно расширилась, поэтому для правильного выбора закалочной жидкости необходимо проведение более тщательного анализа.

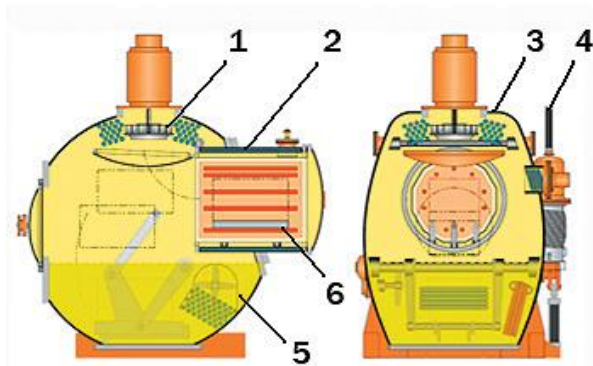


Рисунок 1 – Принципиальная схема вакуумной печи:

1 – вентилятор; 2 – система загрузки/разгрузки; 3 – водоохлаждаемый корпус; 4 – вакуумные насосы; 5 – закалочный бак с вентилятором, нагревательным элементом и теплообменником 6 – графитовые нагреватели

Для выбора технологии следует проанализировать следующие факторы [1]:

- объем и вес садки – главные факторы определяющие параметры обработки. От формы и размера садки зависит внутренний объем печи, а, следовательно, и производственная программа. В зависимости от того какое количество камер в печи (одна или две), время цикла может изменяться и влиять на производительность;

- требуемый уровень вакуума: уровень вакуума, получаемого при помощи форвакуумного насоса, как правило, достаточно для осуществления закалки низколегированных сталей. Некоторые виды закалки требуют получения большего вакуума. В этих случаях двухкамерные печи оснащают диффузионными насосами;

- гибкость охлаждения: печи для вакуумной закалки в масло позволяют регулировать скорость охлаждения. В завершающей фазе закалки садка может быть подвергнута при-

нудительному охлаждению в атмосфере инертного газа. Для выполнения цементации/отжига, печь может быть оснащена камерой газового охлаждения под высоким давлением;

– требуемая загрузка термопар: в некоторых случаях, могут быть применены пирометры, например, в печах для аэрокосмической промышленности. Сложность применяемых систем и малый срок службы охлаждаемых маслом термопар сводят их применение к минимуму;

– время транспортировки: транспортировка за 20-40 секунд может быть обеспечена практически во всех современных печах. Необходимость транспортировки садки менее чем за 15-20 секунд ограничивает количество печей, в которых может быть осуществлена закалка;

– потребность в специальном помещении: для некоторых печей может потребоваться установочный котлован. В некоторых случаях установочный котлован может быть заменен гибкими ячейками, например, таким решением как «мезанин».

Вакуумная закалка является перспективной технологией, которая сочетает в себе преимущества безопасности вакуумных печей с качеством осуществляемой обработки для чистого и эффективного производства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вакуумная техника: справочник / Е. С. Фролов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1992. – 360 с.

2. Металлообработка и станкостроение [Электронный ресурс]: мир станкостроения и технологий – промышленный журнал для профессионалов и руководителей. Режим доступа – <http://www.metstank.ru>. – Дата доступа: 02.04.2018.

## **ТЕХНОЛОГИЯ ВАКУУМНОЙ ЗАКАЛКИ В МАСЛО**

*140 ремонтный завод, г. Минск*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Комаровская В. М.*

Наиболее часто применяемой операцией для получения повышенного уровня прочностных характеристик стальных деталей является закалка. В зависимости от того, какую структуру требуется получить, применяется закалка с различными скоростями охлаждения в различных средах: в масле, в соляных ваннах, в газовых атмосферах, в вакууме [1].

Наиболее перспективной технологией закалки является вакуумная закалка в масло, позволяющая получить наиболее однородную микроструктуру, минимальные изменения размеров деталей, а также пониженный уровень деформаций коблечения [2].

Конструкция печей для вакуумной закалки в масло похожа на ту, что используются при вакуумной закалке в газе высокого давления.

Корпус печей имеет двойные водоохлаждаемые стенки. Материалы и изоляция камеры нагрева, в основном, выполнены из графита. Возможна установка вентилятора для улучшения теплообмена конвекцией при температуре  $<750$  °С. Вакуумные насосы обеспечивают требуемую защиту от окисления и необходимый уровень давления.

Оборудование, позволяющее осуществлять закалку в масло:

- Масляный бак, оснащенный пропеллерами и нагревательными элементами.

- Система перемещения садки. Позволяет осуществлять транспортировку между областью загрузки (разгрузки), нагревательной камерой и масляным баком.

Закалка в масло. Суть любой технологии закалки, направленной на получение максимальных прочностных характери-



стик, заключается в том, что деталь нагревается в аустенитную область, а затем ускоренно охлаждается в закалочной среде. В процессе охлаждения происходит полное или частичное превращение аустенита в мартенсит, бейнит, либо в перлит. Диаграмма охлаждения изображена на рисунке 1.

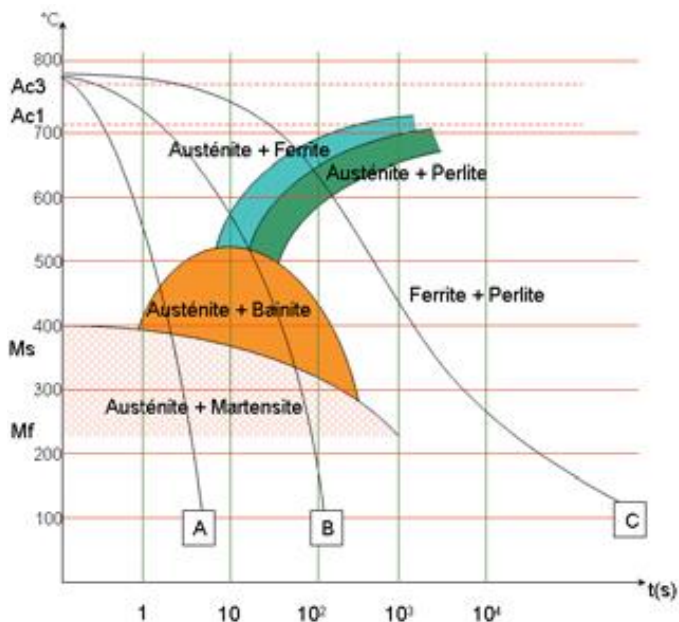


Рисунок 1 – Схематичное изображение диаграммы охлаждения:

А – микроструктура, состоящая из мартенсита и малого количества остаточного аустенита – как правило, является целью закалки; В – смешанная мартенситно-бейнитная микроструктура – обладает повышенными упругими свойствами и более низким уровнем прочности; С – практически равновесная микроструктура, требуемый эффект упрочнения не достигается

При погружении нагретой до закалочных температур детали в масло охлаждение проходит в несколько этапов (рисунок 2):

- фаза нагрева: масло находится в непосредственном контакте с деталью. Умеренное охлаждение детали происходит посредством нагрева масла;
- фаза кипения: когда масло больше не способно вмещать объем поступающего тепла, то оно начинает испаряться. Этот процесс приводит к быстрому охлаждению детали. Образование обширной паровой рубашки может привести к чрезмерной изоляции поверхности детали от контакта с маслом, тем самым значительно понизить скорость охлаждения;
- фаза конвекции: с понижением температуры детали, паровая рубашка исчезает. Наступает этап конвекции масла, при котором температура опускается до равновесной.

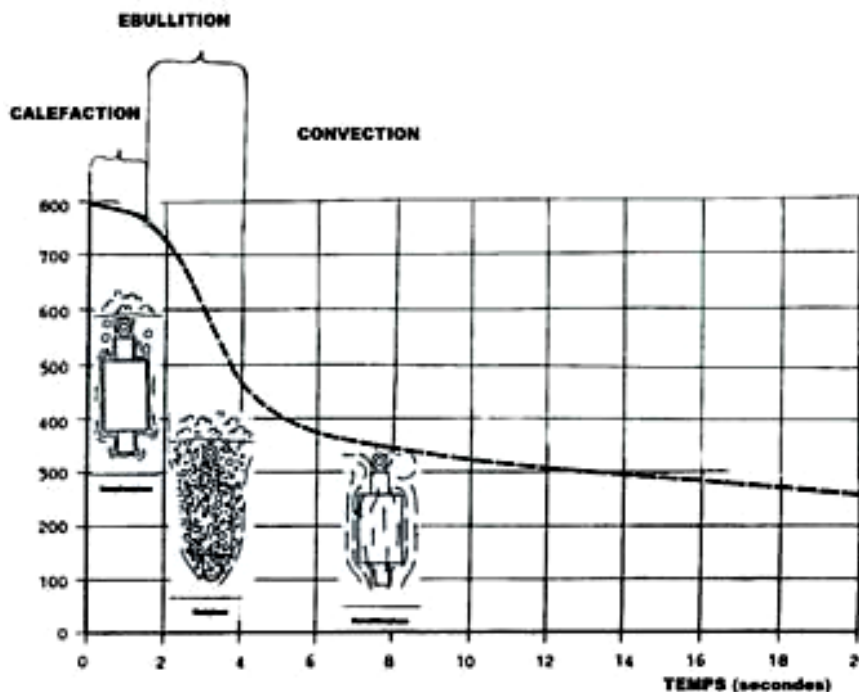


Рисунок 2 – Этапы охлаждения, при закалке деталей в масло

В реальных условиях теоретические кривые охлаждения реализуются не полностью. Из-за того, что детали имеют сложную форму, на разных участках поверхности мартенситное превращение может протекать не одновременно. Нестабильный, неконтролируемый процесс охлаждения может привести к образованию коробления. Точное управление параметрами охлаждения позволит избежать данного эффекта.

В отличие от обычной технологии закалки в масле, при вакуумной закалке поверхность деталей защищена от окисления и декарбюризации. Транспортировка садки перед погружением в масло осуществляется либо в вакууме, либо в защитной атмосфере, что обеспечивает повышенное качество обработки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Фролов, Е. С. Вакуумная техника: справочник / Е.С. Фролов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1992. – 360 с.

2. Металлообработка и станкостроение [Электронный ресурс]: мир станкостроения и технологий – промышленный журнал для профессионалов и руководителей. Режим доступа – <http://www.metstank.ru>. – Дата доступа: 02.04.2018.

УДК 621.515.4

Янчик А. Д.

### **СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВИНТОВОГО КОМПРЕССОРА**

*БНТУ, г. Минск*

*Научный руководитель: ст. преподаватель Бабук В. В.*

Изначально самым оптимальным режимом работы любой компрессорной установки является ее номинальный расчетный режим. Но объем вырабатываемого компрессором на номинальном режиме сжатого воздуха не всегда является точно соответствующим объему забора воздуха потребителями. Как

правило, даже в течение одной рабочей смены уровень потребления воздуха может значительно колебаться. Поэтому производительность компрессора необходимо регулировать в соответствии с этими изменениями.

Способы регулирования производительности винтового компрессора такие же как и всех объемных компрессоров: изменение скорости вращения электродвигателя и перепускание сжатого хладагента во всасывающую линию через байпасе, но реализуются эти способы по другому. Винтовой компрессор имеет в своей конструкции устройства для регулирования производительности: вспомогательную байпасную линию между главным всасывающим и нагнетательным патрубком, золотниковые клапаны регулирования производительности и клапан регулирования геометрической степени сжатия. В каждой области сжатия по обе стороны главного винта помещены золотниковые клапаны, которые свободно перемещаются вдоль оси компрессора, сокращая эффективную рабочую длину винта. Клапаны размещены так, чтобы нагнетательное окно совпало с концом золотникового клапана. При работе компрессора с неполной производительностью между неподвижным корпусом и кромкой золотника образуется щель, через которую часть рабочего вещества выталкивается в камеру всасывания. При этом замедляется начало сжатия, уменьшается заполненный объем полостей и производительность компрессора, снижается также геометрическая степень сжатия. Геометрическая степень сжатия винтового компрессора – отношение полезного фактически используемого объема полостей винта в момент начала сжатия к объему полостей в момент соединения их с окном нагнетания.

Геометрическая степень сжатия является константой для винтовых компрессоров, так как определяется геометрическими параметрами винта, размерами всасывающего и нагнетательного окна. Отношение давления

нагнетания (конденсации) и всасывания (испарения) является функцией геометрической степени сжатия:

$$P_{\text{наг}}/P_{\text{вс}}=(V_{\text{п}}/V_{\text{пс}})^m \quad (1)$$

где  $m$  - средний показатель условной политропы сжатия, для хладонов  $m = 1,11+1,15$ . Для максимальной эффективности работы винтового компрессора необходимо, чтобы давление в полостях в процессе сжатия было равно давлению в нагнетательной линии (конденсации) в момент, когда открывается окно нагнетания. При срабатывании золотникового клапана регулирования производительности уменьшается геометрическая степень сжатия, давление внутреннего сжатия в полостях меньше, чем давление нагнетания, что приводит к неэффективной работе компрессора при частичной нагрузке. Таким образом одновинтовой компрессор должен быть оборудован устройством изменения геометрической степени сжатия при его работе с неполной нагрузкой. Таким устройством служит золотниковый клапан, который изменяет размеры нагнетательного окна и действует отдельно и независимо от золотниковых клапанов регулирования производительности.

При смещении в сторону секции всасывания золотник совместно с корпусом компрессора образует рабочую полость, в которой происходит сжатие пара. Перемещаясь в сторону секции нагнетания, золотник открывает доступ пара из рабочих полостей в полость всасывания. Этим достигается сокращение рабочей длины винтовых роторов и, следовательно, уменьшение холодопроизводительности компрессора.

В случае нахождения золотника в крайнем левом положении (рис. 1) образующая золотника (форма профиля золотника) повторяет форму расточки роторов. При этом холодопроизводительность компрессора максимальна.

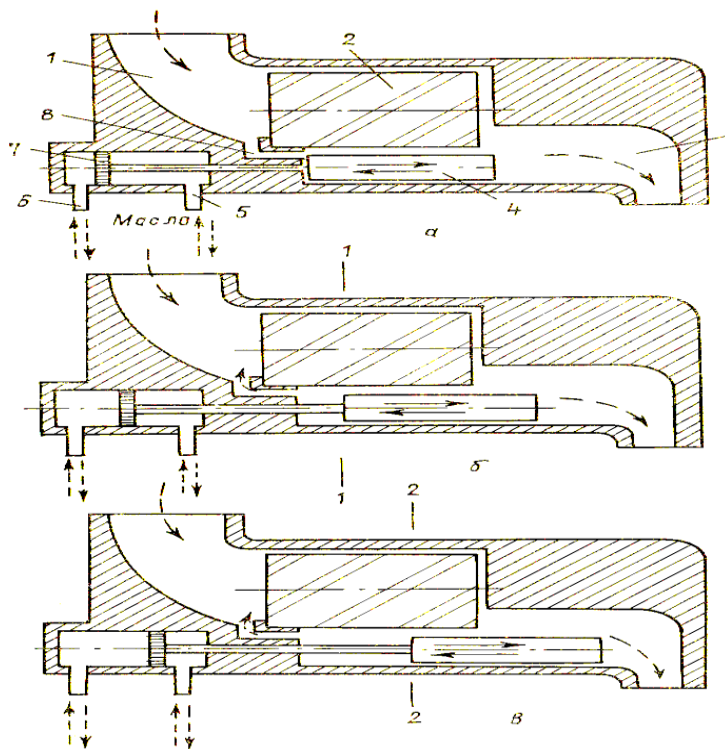


Рисунок 1 – Золотник

1 – всасывающий патрубок, 2 – ротор, 3 – нагнетательный патрубок, 4 – золотник, 5,6 – патрубок входа и выхода масла в цилиндр перестановочного устройства, 7 – поршень перестановочного устройства, 8 – отверстие для прохода пара из парной полости в полость всасывания

При перемещении золотника вправо, в сторону секции нагнетания, освобождается пространство под винтовыми профилями роторов; это пространство соединяется с полостью всасывания компрессора (рис.1). Это приводит к уменьшению холодопроизводительности компрессора.

На участке, где отсутствует золотник (до сечения 1–1), зубья роторов частично входят во впадины парных роторов, и

объем винтовых впадин уменьшается. Так как полости сжатия из-за отсутствия золотника соединены со всасывающей полостью, часть пара из парной полости уходит на всасывание компрессора.

Сжатие пара компрессором начинается только после сечения 1–1. При дальнейшем перемещении золотника вправо, в сторону секции нагнетания, происходит соответствующее уменьшение холодопроизводительности компрессора. При достижении золотником сечения 2–2 пар будет занимать только незначительную часть объема парной полости. Холодопроизводительность компрессора при этом минимальная.

## СОДЕРЖАНИЕ

### Секция «МЕТОДОЛОГИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

<i>Адамович В. В.</i> Роль и значимость самостоятельной работы обучающихся в методике преподавания информационных технологий .....	3
<i>Адамович В. В.</i> Сроки разработки против качества программного обеспечения.....	5
<i>Азарёнок Е. Г.</i> Реализация технологии проблемного обучения в методике преподавания информатики .....	7
<i>Белановский М. А.</i> Игровые технологии в обучении.....	9
<i>Березовский М. С.</i> Разработка многофункционального веб-приложения .....	12
<i>Бурак В. А.</i> Компьютерная грамотность и информационная культура обучающихся в УССО.....	14
<i>Воронич Л. В., Солоневич О.Н.</i> Активизация познавательной деятельности в процессе изучения информатики.....	17
<i>Воронич Л. В., Зайцева И. В.</i> Компьютерная графика: понятие и направления использования .....	20
<i>Воронич Л. В., Солоневич О. Н.</i> Тестирование встроенного программного обеспечения.....	21
<i>Голубева А. А.</i> Деловые игры в преподавании информатики....	24
<i>Губин В. О.</i> Емкость ПЗУ .....	26
<i>Гулецкий А. А., Воронич Л.В.</i> Развитие познавательных способностей у учащихся на занятиях информатики .....	31
<i>Гуныко Е. И.</i> Новые профессии в IT .....	34
<i>Гурьянов Д. В.</i> Использование современных IT-технологий для создания методик, улучшающих зрение, а также сбора данных в медицинских исследованиях психологической физиологии зрения человека .....	40
<i>Гурьянов Д. В.</i> Создание универсальной системы дистанционного обучение основам робототехники и программирования.....	47



<i>Добровольский А. А.</i> Формирование и развитие алгоритмических способностей обучающихся в методике преподавания информатики .....	49
<i>Дробинин А. Э.</i> Развитие логического мышления обучающихся при изучении информатики.....	52
<i>Дробыли Т. В.</i> Функционал программного средства автоматизации учебно-методической работы преподавателя .....	55
<i>Ефимов Я. И.</i> Дидактические особенности занятий по информатике.....	57
<i>Желнеркевич В. В.</i> Основы функционирования сети интернет .....	60
<i>Зайковский С. С.</i> Определяющие факторы выбора сотового оператора на примере группы 10903516 .....	62
<i>Зайцева И. В., Карасик Д. И.</i> Дистанционные технологии в обучении информационным технологиям .....	64
<i>Зайцева И. В., Карасик Д. И.</i> Тестирование тестировщика ...	67
<i>Ковалевский А. Н.</i> Алгоритм шинглов .....	69
<i>Козел А. С.</i> Популярные системы управления контентом.....	71
<i>Кружаева П. Л., Кульбей О. Д.</i> Преобразования в тестировании: современные тенденции .....	74
<i>Кряжева А. С.</i> Дополненная реальность в образовательном процессе .....	76
<i>Купцова В. Ю.</i> Криптовалюты: блокчейн.....	78
<i>Матюшонок А. А.</i> Метод предварительных вычислений для решения задач по информатике.....	80
<i>Михасик Е. И.</i> Современные антипаттерны .....	83
<i>Руйчева А. П.</i> Инвестиции в драгоценные металлы .....	86
<i>Санцевич С. Н.</i> Искусственный интеллект в тестировании ПО.....	88
<i>Санцевич С. Н.</i> Ригтинг и скиннинг в компьютерной графике ...	90
<i>Санцевич С. Н.</i> Технология CSS-IN-JS .....	92
<i>Солоневич О. Н.</i> Использование заглушек при тестировании программ .....	93
<i>Солоневич О. Н., Карасик Д. И.</i> Редакторы для создания обучающих роликов и коротких анимаций.....	94
<i>Хаустович Е. Н.</i> Новые профессии в IT .....	96

## Секция «СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ»

<i>Асцилене Д. Л.</i> Контроль качества защитно-декоративных покрытий.....	99
<i>Асцилене Д. Л.</i> Требования, предъявляемые к материалу защитно-декоративного покрытия .....	100
<i>Бельтюков А. В.</i> Сравнительный анализ многокомпонентных вакуумных покрытий.....	102
<i>Бессараб Д. В.</i> Вакуумные пакеты .....	104
<i>Бизукойть Д. В.</i> Регулировка давления в компрессоре.....	106
<i>Бойко А. А.</i> Проектирование конструкции верхнего приспособления установки УВНИПА-1-001 .....	108
<i>Бойко А. А.</i> Проектирование конструкции нижнего приспособления для нанесения многослойных покрытий на зубные импланты .....	111
<i>Бусел Ю. А.</i> Проектирование фильтр-ловушка для аммиака... ..	113
<i>Выдрицкий А. И.</i> Многослойные покрытия для режущего инструмента.....	116
<i>Гансецкий Е. В.</i> Области использования аустенитных хромоникелевых сталей .....	118
<i>Грицук А. А.</i> Перспективы внедрения технологии ионной цементации на ОАО «БЕЛАЗ» .....	121
<i>Грицук А. А.</i> Технология ионной цементации.....	123
<i>Грицук М. В.</i> Материалы для изготовления деталей со специальными физико-механическими свойствами.....	125
<i>Дегалевич А. С., Шахнов Н. С.</i> Пайка в вакууме.....	128
<i>Демчук И. О., Кутасевич А. Г.</i> Материалы для модифицирования пористых проницаемых материалов на основе силикатов и алюмосиликатов.....	130
<i>Ерошенко А. И.</i> Поверхностное упрочнение .....	133
<i>Есипович Д. А., Хомич А. А.</i> Вымораживающая вакуумная ловушка.....	135
<i>Журавлёв К. В.</i> Эффективность вакуумной сублимационной сушки в пищевой промышленности .....	138

<i>Казачёк А. А., Кагало В. Г.</i> Использование покрытия CrN при производстве ПВХ панелей .....	141
<i>Касперович И. С.</i> Получение различных мелкодисперсных металлических порошков .....	144
<i>Кислянков В. В.</i> Вакуумно-дуговые покрытия из высокоэнтропийных сплавов .....	146
<i>Коваленко В. О., Бей К. И.</i> Особенность процесса наполнения пищевых ёмкостей углекислым газом .....	149
<i>Колесникович А. И.</i> Выбор хладагента для проектируемой агрегатированной холодильной машины .....	151
<i>Кривошеев Е. А., Корзун А. Д.</i> Анализ модификации клапанов для поршневых компрессоров .....	153
<i>Куделич А. Ю.</i> Новые средства передвижения в пространстве... ..	156
<i>Курчицкий М. А., Веретилло Е. Г.</i> Регулирование производительности холодильного винтового компрессора ....	158
<i>Логвинов Р. Д.</i> Методы упрочнения изделий из стекла .....	161
<i>Макаревич В. И., Виноградов И. А.</i> Аддитивное производство... ..	165
<i>Маньковский Д. С., Воробьёв Д. Д.</i> Вакуумная обработка стали....	167
<i>Мартинкевич Я. Ю.</i> Влияние энергетического воздействия на свойства покрытий.....	169
<i>Мартинкевич Я. Ю.</i> Магнетронный разряд при нанесении покрытия .....	171
<i>Михайлов Д. А., Клименок М. Ю.</i> Использование вакуумной техники в современной науке .....	173
<i>Опиок А. А.</i> Вакуумные системы установок ионного азотирования .....	176
<i>Петушков А. А.</i> Моделирование работы стрелкового оружия ...	178
<i>Пула К. Ю.</i> Пологие двухслойные арочные своды из стальных тонкостенных холодногнутых профилей типа mic в покрытиях зданий .....	180
<i>Рожковский А. Э., Мещеряков М. В.</i> Система охлаждения масла в компрессоре .....	182
<i>Рябцев Р. Л.</i> Метод взрывной фотолитографии как решение проблем сложносоставных полупроводниковых систем.....	185

<i>Садовский А. В.</i> Вакуумные электропечи.....	188
<i>Селезнёв Д. Ю.</i> Применение вакуума в пищевой промышленности .....	191
<i>Селюта В. А.</i> Влияние модернизации установки ионно-плазменного азотирования модели AR-63-950-1400/3000 на время откачки камеры .....	193
<i>Селюта В. А.</i> Ионное азотирование. Основные технологические факторы, влияющие на эффективность процесса ионного азотирования.....	195
<i>Скавыш И. А.</i> Индукционная закалочная установка для упрочнения поверхностного слоя крупногабаритных деталей .....	197
<i>Скавыш И. А.</i> Конструирование нижнего центра вертикальной индукционной закалочной установки.....	199
<i>Соловей О. С.</i> Требования предъявляемы к инструменту для нанесения покрытия методом КИБ .....	200
<i>Соловей О. С.</i> Этапы технологии формирования вакуумного защитного покрытия TiCN .....	202
<i>Сяхович П. В., Аршавский В. С.</i> Упрочнение поверхностного слоя образцов твердых сплавов, обработанных компрессионным плазменным потоком .....	203
<i>Тодрик Е.К.</i> Автоматизация рабочего места менеджера по продажам на основе анализа и визуализации данных ....	205
<i>Трус А. С.</i> Герметизация вакуумных соединений.....	206
<i>Утекалко И. В.</i> Электронно-лучевая сварка ниобия в вакууме.....	209
<i>Харлан Ю. А., Латушкин К. Ю.</i> Влияние давления реакционного газа на структурные характеристики покрытий на основе ZrN .....	212
<i>Харлан Ю. А., Латушкин К. Ю.</i> Материалы, применяемые для формирования покрытий электродуговым методом .....	214
<i>Хахалкин Д. Д., Ралло Ф. Н.</i> Причины и признаки выхода из строя турбокомпрессоров для двигателей внутреннего сгорания .....	216

<i>Чичиков С. В.</i> Анализ способов изоляции систем, работающих со сжиженным природным газом .....	218
<i>Чичиков С. В.</i> Разработка автономной мобильной заправочной установки контейнерного типа для хранения и выдачи сжиженного природного газа.....	220
<i>Шамрило К. С.</i> Осаждение покрытий (Ti, Cr)N вакуумно-дуговым методом .....	223
<i>Шастерик А. А.</i> Электронно-лучевая сварка .....	225
<i>Шкробот В. А.</i> Оксидтитановые защитно-декоративные покрытия.....	228
<i>Шкробот В. А.</i> Предварительная подготовка поверхности .....	230
<i>Шпилевский В. Е.</i> Методы испытаний прочности изделий из стекла.....	233
<i>Яворский В. А.</i> Выбор параметров печи и технологического процесса вакуумной закалки в масло.....	236
<i>Яворский В. А.</i> Технология вакуумной закалки в масло ...	240
<i>Янчик А. Д.</i> Способы регулирования производительности винтового компрессора .....	243

Научное издание

**ИНЖЕНЕРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ В XXI ВЕКЕ**

Материалы Республиканской  
научно-практической конференции  
молодых ученых и студентов

*24–25 мая 2018 года*

В 2 частях

Часть 2

Подписано в печать 21.05.2018. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 14,76. Уч.-изд. л. 11,55. Тираж 60. Заказ 421.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.



