

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Севастопольский государственный университет»

Политехнический институт



Современные технологии: проблемы и перспективы

Сборник статей
Всероссийской научно-практической конференции
для аспирантов, студентов и молодых ученых
19 - 22 апреля 2022 года



Севастополь, 2022

УДК 621+629+656+664+006+636

ББК 3

C568

Организаторы конференции:

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
Политехнический институт
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им И. Н. Ульянова»

Редакционная коллегия:

С.М. Братан, *д-р. техн. наук, проф.* – *председатель*;
В.И. Головин, *канд. техн. наук, проф.* – *сопредседатель*;
Н.И. Покинтелица, *д-р. техн. наук, проф.*; **А.А. Ветрогон**, *канд. техн. наук*;
В.И. Пахалюк, *канд. техн. наук*; **А.Ю. Тараховский**, *канд. техн. наук*;
Л.А. Ничкова, *канд. техн. наук*; **С.Е. Сазонов**, *канд. техн. наук*.

Рецензент:

В.А. Григорьев - начальник отделения прогнозирования чрезвычайных ситуаций
отдела гражданской обороны и защиты населения Главного управления МЧС России
по г. Севастополю

C568 Современные технологии: проблемы и перспективы: сборник статей всероссийской научно-практической конференции для аспирантов, студентов и молодых учёных (19 - 22 апреля 2022 г.) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Севастопольский государственный университет, Политехнический институт, кафедра цифрового проектирования; главный ред. к. т. н., PhD, доц. О.В. Мухина. – Севастополь: ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», 2022. - 126 с.: ил. – Текст : электронный.

Публикуется по решению оргкомитета Всероссийской научно-практической конференции для аспирантов, студентов и молодых учёных, проведенной 19 - 22 апреля 2022 г. в ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь (приказ №680-п от 19.04.2022).

Материалы публикуются в авторской редакции.

В сборнике представлены результаты научно-исследовательской работы аспирантов, студентов и молодых учёных по проблемам современных технологий.

Сборник предназначен всем, специализирующимся в областях:

- 1) Высокие технологии машиностроения;
- 2) Современные направления развития транспорта и транспортных технологий;
- 3) Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность;
- 4) Метрология, стандартизация и управление в технических системах;
- 5) Геометрическое проектирование и компьютерное моделирование в инженерии;
- 6) Автоматизация и управление процессами;
- 7) Пищевые технологии, исследования и инновации;
- 8) Землеустройство и инженерная геодезия.

УДК 621+629+656+664+006+636

ББК 3

ISBN 978-5-6048340-0-8



© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1. ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ	5
<i>Иванова Л.А.</i> Повышение технологичности жидкостекольных смесей	5
<i>Мочалов П.Е., Зорина М.М.</i> Проектирование роторной дробильной установки для переработки использованных автомобильных шин	9
<i>Владимирова Ю.О., Плотников В.В., Шалунов Е.П.</i> Исследование влияния реакционного механического легирования на свойства и структуру порошковой меди	13
<i>Лукоянова Т. А., Зорина М. М.</i> Разработка конструкции ножей, используемых в дробильной установке по переработке пластиковых бутылок	19
<i>Бусов А.И., Смирнов В.М.</i> Электролитно-плазменное азотирование поверхности сталей ХВГ и 40Х	24
<i>Татанов П.В., Шнайдер Д.А., Янюшкин А.Р.</i> Использование вибрационного поля для полировки деталей	29
<i>Тищенко И.В, Харченко А. О.</i> Компоновка и кинематика на основе механизмов параллельной структуры (МПС) резьбонарезных станков для мелкоразмерных отверстий ...	36
<i>Шапошников Я.Л., Никитин М.М., Неменко А.В.</i> Прогнозная оценка эксплуатационной надежности объектов сложной конфигурации	42
<i>Цыганенко Ю.К., Никитин М.М., Неменко А.В.</i> Прочностная надежность элементов судовых конструкций	45
<i>Фицко Е. В., Любимец А. И., Стреляная Ю.О.</i> Анализ существующих технологий прототипирования	50
РАЗДЕЛ 2. СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТА И ТРАНСПОРТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	55
<i>Мутин К.Д. , Стреляная Ю.О.</i> Анализ существующих форм беспилотных авиационных систем, применяемых для решения задачи эффективного энергопотребления электрических двигателей	55
РАЗДЕЛ 3. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ, ПРОМЫШЛЕННАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	61
<i>Бабинская А.С., Абдулаева С.Р., Сигора Г.А.</i> Создание комплекса водохранилищ в республике Крым – как противопаводковая мера	61
<i>Ахметшина Ф.Ф., Осадчая Л.И., Ничкова Л.А.</i> Об особенностях управления отходами I и II класса опасности	65
<i>Сулейманов А.Э., Азаренко Е.И.</i> Анализ причин возникновения аварий и мероприятия по повышению уровня безопасности на опасных производственных объектах на примере ООО «КРЫМПРОПАН»	69
<i>Хоменко Т.Ю., Сигора Г.А.</i> Интегральная оценка качества родниковых вод Севастопольского региона	73
<i>Малюков А.Н.</i> Комплексная оценка рисков возникновения ЧС на территории Крыма и Севастополя в рамках построения, развития и эксплуатации аппаратно-программного комплекса «Безопасный город»	73
<i>Арлашов О.В.</i> Комплексная оценка планирования мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС в период возникновения природных пожаров 2020-2021 годах на территории Крыма и Севастополя	82

РАЗДЕЛ 4. МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	87
<i>Калугина А.В., Белая М.Н.</i> Стандартизация и оценка соответствия: путь к безопасности и качеству сельскохозяйственной продукции.....	87
<i>Нагорнова А.В., Белая М.Н.</i> Сравнительный анализ метрологических и эксплуатационных характеристик средств измерения расхода.....	92
РАЗДЕЛ 5. ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ИНЖЕНЕРИИ	101
<i>Дюдяев И.А., Майорова В.В.</i> Анализ причин повреждения корпуса реактора ВВЭР-1000 в процессе эксплуатации при помощи компьютерного моделирования.....	101
<i>Константинов Н.Н., Семенов В. А., Тараховский А.Ю.</i> 3D редакторы в промышленной сфере.....	107
РАЗДЕЛ 6. АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ	112
<i>Борисов М.А., Лимонов С.Е.</i> Анализ и совершенствование роботизированного оборудования для исследований в области автоматизации производственных процессов ...	112
РАЗДЕЛ 7. ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИССЛЕДОВАНИЯ И ИННОВАЦИИ	116
<i>Дерюгин С.В., Стреляная Ю.О.</i> Технологии 3D-печати в пищевой промышленности.....	116
РАЗДЕЛ 8. ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ	122
<i>Гараджа А.В., Емченко Е.А.</i> Аналитический взгляд на методы строительства морских портовых сооружений на слабых грунтах	122

РАЗДЕЛ 1. ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 621.742.4

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ЖИДКОСТЕКОЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Иванова Л.А.

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова» Московский проспект, 15
г. Чебоксары, Российская Федерация, 428015, e-mail: i-luda13@mail.ru

Аннотация

В данной статье приводятся преимущества получения заготовок методом литья, обосновывается применение смесей на неорганических связующих литейном производстве. Рекомендуется замена применяемых в настоящее время органических связующих материалов неорганическими. Приводятся достоинства и недостатки формовочных и стержневых смесей с использованием жидкостекольных связующих. Рассматриваются органические и неорганические модифицирующие добавки для снижения остаточной прочности и, как следствие, устранения проблем выбиваемости жидкостекольных смесей. Приводится решение вопроса повышения технологичности составов. На основе комплексного модификатора предложен оптимальный состав формовочной и стержневой смеси, удовлетворяющей всем требованиям, предъявляемым к стержням и формам, а также способной заменить существующие смеси на прочих неорганических и органических связующих. Представлен механизм отверждения стержневых и формовочных смесей на жидком стекле, описан процесс набора прочности смеси в процессе отверждения, а также воздействие модифицирующих добавок на остаточную прочность и работу выбивки жидкостекольной смеси.

Ключевые слова: технологичность, жидкое стекло, стержневая смесь, формовочная смесь, жидкостекольная смесь, выбиваемость, остаточная прочность, модифицирующие добавки, лаурилсульфат натрия, полифосфат натрия, глицерин

IMPROVING THE MANUFACTURABILITY OF LIQUID GLASS MIXTURES

Ivanova L.A.

FSBEI HE "Chuvash State University named after I.N. Ulyanov " Moskovsky prospect, 15
Cheboksary, Russian Federation, 428015, e-mail: i-luda13@mail.ru

Abstract

This article presents the advantages of obtaining blanks by casting, justifies the use of mixtures in inorganic binders in the foundry. It is recommended to replace currently used organic binders with inorganic ones. The advantages and disadvantages of molding and core mixtures with the use of liquid glass binders are given. Organic and inorganic modifying additives are considered to reduce the residual strength and, as a result, eliminate the problems of knockout of liquid glass mixtures. The solution to the issue of improving the manufacturability of the compositions is given. On the basis of a complex modifier, an optimal composition of the molding and core sand is proposed, which meets all the requirements for cores and molds, and is also capable of replacing existing mixtures with other inorganic and organic binders. The mechanism of curing of core and molding sands on water glass is presented, the process of mixture strength gain during curing is described, as well as the effect of modifying additives on the residual strength and the work of knocking out water glass mixture.

Keywords: manufacturability, liquid glass, core sand, molding sand, liquid glass mixture, knockout, residual strength, modifying additives, sodium lauryl sulfate, sodium polyphosphate, glycerin

1. Введение.

Преимуществом получения заготовок способом литья приготовленного расплава в предварительно изготовленную форму является возможность получать весьма сложные по конфигурации отливки практически любой массы с размерами, максимально приближенными к готовому

изделию. Перечисленные достоинства способа дают экономический эффект и технологический приоритет при выборе метода изготовления заготовок даже при выполнении высоконагруженных деталей узлов, работающих в условиях высоких температур и давлений, а также в условиях низких температур. Ответственные отливки работают в узлах ходовых частей

железнодорожного транспорта, работающих при статических и динамических нагрузках, а также в тяжелонагруженных узлах ходовых систем промышленных тракторов в условиях динамических знакопеременных нагружений и в других системах тяжелого машиностроения. Уровень эксплуатационных свойств данного литья обеспечивается высокой плотностью структуры тела стенок отливок, соответствием механических свойств заданным параметрам и технологичностью конструкций. Формирование структуры и качества отливки происходит непосредственно в литейной форме, где создаются условия, определяющие свойства заготовки в литом состоянии, а затем в результате механической и термической обработки получают окончательные параметры свойств детали. Поэтому важной составляющей получения качественной отливки является правильный выбор состава формовочных и стержневых смесей. В последнее время все больше внимания уделяется экологической составляющей на всех этапах литейного производства. При заливке форм на синтетических связующих выделяются продукты терморазложения (ароматических углеводородов, фурфурола, фенола, бензола, толуола, креозола, аммиака, формальдегида, изоцианатов, аминов), а при прогреве до температур 800-1200° С имеют место процессы с образованием CO, CO₂, CH₄, SO₂ и т.д. Поэтому использование неорганических связующих является достойной альтернативой технологиям с применением синтетических смол, которые активно применяются в последнее время на многих предприятиях России.

2. Изложение основного материала.

Жидкое стекло (ЖС)- коллоидный раствор силиката натрия, наряду с огнеупорными глинами и синтетическими смолами - одно из самых распространенных связующих для формовочных и стержневых смесей в литейном производстве как у нас в стране, так и за рубежом.

Жидкостекольные смеси начали применять в литейном производстве с 50-х годов прошлого века, и за короткий период времени они нашли широкое распространение, чему способствовала их универсальность, т.е. применимость одних и тех же составов для изготовления форм и стержней, использование их при производстве отливок из стали, чугуна и цветных сплавов. Универсальность смесей выразилась также в их применимости при единичном, мелкосерийном, серийном и

массовом производствах отливок. Несмотря на целый ряд достоинств, жидкостекольное связующее в чистом виде не обеспечивает требуемые параметры форм и стержней после заливки сплавов из-за высокой остаточной прочности и плохой выбиваемости. Кроме этого, жидкостекольные смеси характеризуются плохой регенерируемостью отработанного песка. В последнее время такие смеси, как не достаточно технологичные, вытесняются из производства в связи с широким применением холоднотвердеющих смесей на основе синтетических смол. Однако это не всегда оправдано, особенно в условиях мелкосерийного и серийного производства из-за высокой стоимости и недостаточной экологической безопасности данных составов [1].

Под технологичностью смеси понимают ее способность формообразовывать внутреннюю полость отливки, отверждаться в определенный период времени, оставаться инертной по отношению к заливаемому сплаву, иметь необходимую податливость, газопроницаемость, хорошую выбиваемость и способность к регенерации, а также быть экологически безопасной.

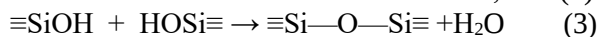
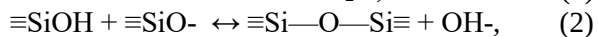
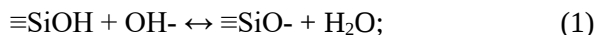
Возможности жидкого стекла как связующего неисчерпаемы. Доказательством этого служит создание и широкое внедрение как в России, так и за рубежом смесей, отверждаемых сложными эфирами (преимущественно ацетатами глицерина и этиленгликоля) и содержащих до 3...5% жидкого стекла. Если бы при использовании жидкостекольных смесей удалось повысить их общую и особенно поверхностную прочность при одновременном снижении содержания в них жидкого стекла, снизить их чувствительность к качеству песка, то можно было бы получить значительный экономический эффект.

Традиционно все модификаторы делят на два класса: органические и неорганические. Органические модифицирующие добавки образуют концентраты напряжений. Неорганические добавки приводят к образованию тройной системы (кварцевый песок + жидкое стекло + неорганическая добавка) с более высокой температурой плавления либо образуют концентраты напряжений [2].

Исходя из вышесказанного, в настоящей работе предлагается использовать комплексный модификатор из органических и неорганических составляющих для повышения технологичности жидкостекольных смесей.

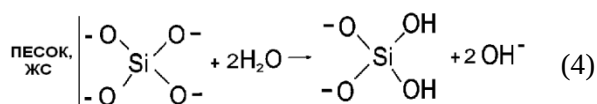
В качестве известных своим действием органических поверхностно-активных веществ (ПАВ) предлагается использовать лаурилсульфат натрия ($C_{12}H_{25}SO_4Na$) (288 г/моль), глицерин – трехосновный спирт с малым молекулярным весом (92 г/моль), обладающим высокой способностью поглощать воду (до 40%) и растворять щелочь. В качестве ПАВ неорганического происхождения предлагается использовать полифосфат натрия, который сам является пленкообразователем и энергичным поглотителем влаги.

Известно, что жидкостекляная смесь отверждается за счет полимеризации ЖС, и этот процесс сопровождается отводом влаги. Нулевой порядок реакции, связан с замедленной диффузией воды, образующейся в результате реакций, сопровождающихся образованием силоксановых связей (ур. 1-3)

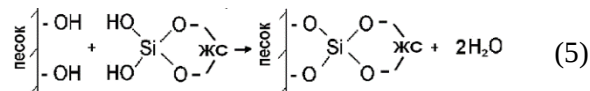


Процесс отвода влаги из объема жидкого стекла продолжается до достижения равновесия с парами воды, содержащимися в воздухе, что подтверждается замедлением нарастания прочности при росте влажности окружающей среды, при этом абсолютные значения прочности, из-за неполной полимеризации стекла, становятся ниже. Набор прочности жидкого стекла осуществляется за счет взаимосвязанных процессов: физического - диффузии воды и химического - полимеризация связующего, из которых физический процесс является лимитирующим.

Поскольку поверхность, как жидкого стекла, так и кремнезема, всегда насыщена гидроксильными группами, образующимися в результате реакции (ур. 4), которые удаляются с поверхности только при $T > 300$ °С. Гидроксильные группы на поверхности ЖС и песка химически активны и способны вступать в различные реакции обмена с образованием в объеме жидкого стекла мостиковых кислородных связей и на границе ЖС - песок по одному механизму.



В процессе растекания ЖС по песку, химические связи, обеспечивающие адгезию ЖС, формируются по схеме (ур. 5):



Так как природа образующихся мостиковых кислородных связей в объеме жидкого стекла и на границе ЖС/песок одинакова, то в «сырых» смесях при приложении напряжений может наблюдаться адгезионный, когезионный или смешанный - когезионно-адгезионный тип разрушения смесей. Реализация того или иного механизмов зависит прежде всего от соотношения работ когезии ЖС и адгезии его к кварцевому песку.

Из сказанного выше следует, что адгезия между песком и связующим определяется прочностью мостиковых кислородных связей, на которые ПАВ непосредственно влиять не могут. Снижение прочности смеси в этом случае может проявиться либо через сокращение поверхности контакта ЖС/песок (блокировка части поверхности песка ПАВ), либо через появление менее прочных адсорбционных связей ПАВ на поверхности песка и (или) ЖС.

Работа когезии зависит только от поверхностного натяжения ЖС. Введение ПАВ приводит к снижению поверхностного натяжения ЖС в результате адсорбции, что с одной стороны, уменьшает работу когезии, а с другой - увеличивает текучесть ЖС и, соответственно, увеличивает площадь контакта ЖС/песок, что повышает прочность смеси [3].

Состав базовой смеси, масс. %: кварцевый песок 89,4-91,6; огнеупорная глина 3,0-3,5; жидкое стекло 4,5-5,5; едкий натр 0,9-1,1. Состав исследуемой смеси, масс. %: кварцевый песок – 99; глина огнеупорная – 1; жидкое стекло – 3,5; комплексный модификатор – 0,6. Технологические свойства смеси с комплексным модификатором приведены в табл. 1.

Изготовленные из смеси стержни для литейных форм выдерживаются на воздухе в течение 24 ч. После этого они готовы к использованию.

Свойства смеси оценивались на стандартных образцах ($D=50$ мм и $H=50$ мм), изготовленных в стержневом ящике модели 037 М на копре модели 031 или 2М030 тремя ударами груза массой $6,35 \pm 0,015$ кг, падающего с высоты $50 \pm 0,25$ мм.

Таблица 1. Технологические свойства смеси с комплексным модификатором

Параметр	Базовая смесь	Исследуемая смесь
Газопроницаемость, ед.	100-120	180-200
Прочность на сжатие во влажном состоянии, МПа	0,15	0,07
Прочность после выдержки в течение 1 ч при 200°C, МПа	1,05	2,30
Прочность на сжатие после выдержки на воздухе 24 ч, МПа	2,10	2,60
Работа выбивки после выдержки при 800°C, Дж	309	0,67
Живучесть смеси, мин	20-30	40-60

Предел прочности на сжатие во влажном состоянии и прочность на сжатие в отвержденном состоянии в образцах, приготовленных из предлагаемого состава, выше, чем в известном решении. При уменьшении содержания компонентов комплексного модификатора до 0,4% происходит уменьшение прочности после выдержки в течение 1 ч при 200°C и прочности после выдержки на воздухе 24ч, а также резкое ухудшение выбиваемости смеси. При увеличении содержания компонентов комплексного модификатора до 0,8% улучшения свойств смеси не наблюдается. Наилучшие свойства обеспечивает введение в смесь комплексного модификатора в количестве 0,6% (рис.1) [4].

Список литературы

1. Иванова Л.А., Чернышов Е.А. Сравнительный анализ и оценка технологических и служебных свойств жидкостекляных смесей//Материалы III-ой Международной научно-практической конференции «Современные технологии в машиностроении и литейном производстве». - Чебоксары. Чуваш. гос.ун-т, 2017, с.86-91.
2. Маслов К.А., Леушин И.О., Миронычев А.Е. Пути повышения технологичности жидкостекляных смесей// Заготовительные производства в машиностроении. – 2010. – №2. С.8-11.
3. Иванова Л.А., Наумов В.И. Чернышов Е.А. Свойства жидкостекляных смесей при модифицировании жидкого стекла ПАВ// Литейное производство. – 2015. - №8. С.6-9.
4. Патент № 2688322. Жидкостекляная смесь для изготовления форм и стержней и способ ее приготовления. Иванова Л.А., Кузнецов С.А., Чернышов Е.А. Заявка № 2017146244. Приоритет изобретения 27 декабря 2017 г. Зарегистрирован 21.05.2019.

References

1. Ivanova L.A., Chernyshov E.A. Comparative analysis and evaluation of technological and service properties of liquid glass mixtures// Materials of the III International Scientific and Practical Conference "Modern Technologies in Mechanical Engineering and Foundry". - Cheboksary. Chuvash. state university, 2017, pp. 86-91.
2. Maslov K.A., Leushin I.O., Mironychev A.E. Ways to improve the manufacturability of liquid glass mixtures// Procurement production in mechanical engineering. - 2010. - No. 2. pp.8-11.
3. Ivanova L.A., Naumov V.I. Chernyshov E.A. Properties of liquid glass mixtures in the modification of liquid glass with surfactants // Foundry production. - 2015. - No. 8. pp.6-9.
4. Patent No. 2688322. Liquid glass mixture for the manufacture of molds and cores and a method for its preparation. Ivanova L.A., Kuznetsov S.A., Chernyshov E.A. Application No. 2017146244. Invention priority December 27, 2017. Registered on May 21, 2019.

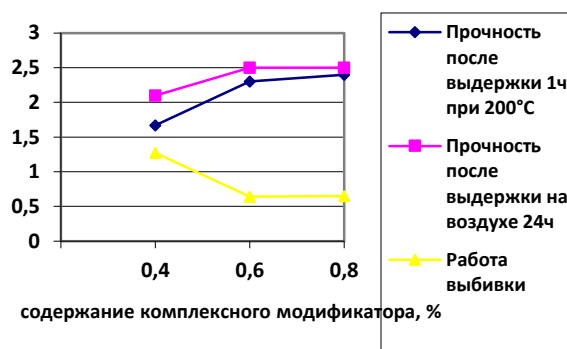


Рис. 1 – График зависимости прочности и выбиваемости предлагаемой смеси с различным содержанием комплексного модификатора

Преимущества исследуемой смеси с комплексным модификатором следующие:

- быстрое отверждение форм и стержней на воздухе без тепловой сушки;
- быстрый набор манипуляторной прочности стержнями;
- стержни не подвержены влиянию влажности окружающей среды;
- хорошая выбиваемость форм и стержней;
- комплексный модификатор состоит из недорогих и доступных компонентов.

Таким образом, для повышения технологичности жидкостекляных смесей предложен комплексный модификатор, позволяющий использовать ее для изготовления литейных форм и стержней, обладающих хорошими технологическими и служебными свойствами, представляющий собой приемлемую бюджетную и экологически безопасную замену формовочным и стержневым составам, применяемым в настоящее время в литейном производстве.

УДК 621.01

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РОТОРНОЙ ДРОБИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН

П. Е. Мочалов¹, М. М. Зорина²

¹ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, 428015, Россия, pasha.mochalov.2000@mail.ru

²ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, 428015, Россия, zorina-mari2015@mail.ru

Аннотация

В условиях роста объёма промышленного производства и уровня конечного потребления в России наблюдается количественный рост отходов. В настоящее время весьма актуальной является проблема их переработки. Для решения этой задачи необходим комплекс мер, направленный на осуществление работ по вторичному использованию сырья. Чтобы частично решить проблему загрязнения окружающей среды мы решили рассмотреть возможность переработки отходов резинотехнических изделий. В статье представлена часть учебной работы по проектированию дробильной установки для измельчения автомобильных шин. Проведен анализ размеров перерабатываемого сырья, на основании которого определены параметры режущей части ножей. Представлена сборная конструкция установки, в которой учтены особенности расположения валов с ножами относительно друг друга.

Ключевые слова: Ротор, шредер, дробильная установка, шины, ножи, вал, экология, вторсырье, переработка

ROTARY CRUSHING PLANT FOR RECYCLING USED CAR TIRES

P. E. Mochalov¹, M. M. Zorina²

¹FSBEI HE Chuvash State University I.N. Ulianov, Cheboksary, 428015, Russia, Pasha.mochalov.2000@mail.ru

²FSBEI HE Chuvash State University I.N. Ulianov, Cheboksary, 428015, Russia, zorina-mari2015@mail.ru

Abstract

In the context of the growth of industrial production and the level of final consumption in Russia, there is a quantitative increase in waste. Currently, the problem of their processing is very urgent. To solve this problem, a set of measures is needed aimed at carrying out work on the secondary use of raw materials. In order to partially solve the problem of environmental pollution, we decided to consider the possibility of recycling waste rubber products. The article presents part of the educational work on the design of a crushing plant for crushing auto-mobile tires. The analysis of the sizes of processed raw materials was carried out, on the basis of which the parameters of the cutting part of the knives were determined. A prefabricated installation design is presented, which takes into account the peculiarities of the position of the shafts with knives relative to each other.

Keywords: Rotor, shredder, crushing plant, tires, knives, ecology, recyclables, recycling

1. Введение

Для решения проблемы переработки и использования резинотехнических отходов в России, необходима разработка и принятие комплекса мер, регламентирующих порядок их учёта, сбора, хранения и поставки на переработку, подготовка и продвижение на федеральном и региональном уровнях нормативно-правовых актов, стимулирующих увеличение объёмов восстановительного ремонта и переработки изношенных шин. В России наблюдается устойчивый количественный рост изношенных автомобильных шин, и никаких

принципиальных изменений этой тенденции в обозримом будущем не предвидится. Это связано с ростом объёма промышленного производства и уровня конечного потребления. При этом отходы потребления будут расти быстрее, чем отходы производства, из-за опережающего роста продукции конечного потребления - в первую очередь бытовой, компьютерной и радиоэлектронной техники, предметов домашнего обихода, одежды, автомобилей и т.д.. В настоящее время для того, чтобы избежать образования безграничных свалок существует несколько методов переработки

изношенных автомобильных шин и РТИ в целом, но мы остановим свое внимание лишь на процессе измельчения шин легковых автомобилей.

Невозмещаемость естественного нефтяного сырья устанавливает потребность применения вторичных ресурсов с максимальной эффективностью, т.е. в место гор мусора мы могли бы получить новую для нашего региона отрасль промышленности – любой формы собственности переработку отходов. На основе вышеизложенного можно сделать заключение, то что проблема проектирования шредера считается до сих пор важной проблемой.

2. Основная часть

Технология по производству резиновой крошки из отработанных машинных шин представляет собой процесс последовательного измельчения сырья на небольшие кусочки с последующим перетиранием их в мелкодисперсную фракцию.

Можно измельчать материал несколькими способами. Для этой задачи используются различные виды шредеров. В первом используется один вал, а во втором, два вала встречного вращения.

Принцип действия одновальной установки строится на измельчении резины низкооборотным режущим валом. Вторая режущая кромка интегрирована в корпус шредера

Работа шредера для шин выглядит следующим образом: покрышки подаются в камеру загрузки сырья, где под действием силы тяжести перемещаются на вращающийся нож. Нож захватывая покрышку вращает ее, и разрезает при соприкосновении со статической режущей кромкой.

Измельченное сырье продавливается сквозь специальные сита, размещенные под валом. Резина большего размера, чем сито, захватывается ножом, и перемещается вновь на резку.

Среди преимуществ одновального измельчителя резины можно выделить:

- простая конструкция;
- легкость эксплуатации;
- переработка сырья большой толщины.

Двух вальные станки для измельчения покрышек в крошку предназначены для резки сырья на кусочки размером не более 50х50 мм. Лезвия измельчителя могут перерабатывать покрышки как легковых, так и грузовых автомобилей.

Принцип работы станка заключается в следующем:

В камеру приема сырья подается шина. Размер окна позволяет загрузить изделие целиком, единственное требование — предварительное извлечение корда.

Валы измельчителя вращаются в противоположные стороны. Помещенные на роторы ножи захватывают сырье и разрывают его на части.

Измельченное сырье продавливается сквозь специальные сита, размещенные под валами. Частицы, превышающие размер ячейки для просеивания, захватываются ножами и повторно обрабатываются в загрузочной камере.

Готовый материал после сортировки на фракции попадает на ленту транспортера и подается на фасовку, либо складывается в специализированных мешках.

Преимуществами двух вального станка для производства резиновой крошки можно назвать:

- возможность дробления крупногабаритного сырья;
- отсутствие необходимости перетачивать лезвия ножей при их переустановке;
- более высокий КПД по сравнению с одновальным шредером.

В данной работе я остановлюсь на выборе двух вальной конструкции, так как в моем техническом задании максимальный размер крошки задан 10 мм. в диаметре.

Конструкторская часть

Установка будет использоваться на СТО и АТП рядом с шиномонтажными станциями, либо при шиномонтажных станциях, расположенных в населенных пунктах и за их пределами. Установку можно расположить как внутри помещения, так и вне его.

При разработке оборудования следует учесть следующие источники информации: авторские свидетельства и патенты:

1. Патент РФ № 2492927 "Шредер для переработки различных материалов, преимущественно древесных отходов, Б/У шин, бытовой техники, приборов, ТБО и лома металлов", класс МПК В02С4/30;

2. Патент РФ № 2116132 Линия переработки шин МПК В02С18/00;

3. ГОСТ 8407-89 Сырье вторичное резиновое. Покрышки и камеры шин. Технические условия;

4. Журналы, каталоги гаражного оборудования, методические пособия и другая техническая литература.

Техническое предложение на разработку устройства для измельчения шин легковых и грузовых автомобилей для мобильной установки

Получено задание на разработку измельчителя шин легкового автомобиля, входящего в состав универсальной мобильной установки для переработки шин. Устройство должно обеспечивать измельчение изношенных шин размерами от 135/80 R12 до 345/45 R22.

На основе изученных патентов, для выполнения технического задания лучше всего подходит Шредер. Первое с чем придется определиться, это размер дробилки, для этого изначально необходимо рассчитать ножи.

Высота зуба составляет половину диаметра описываемой окружности. По образного профиля резины:

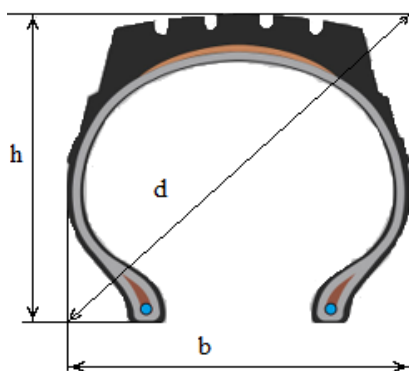


Рис. 1 – Размеры колеса

По этим значениям высота канавки зуба равна 190мм.

Далее определимся с типом ножа. По ряду исследований, ножи с одним или двумя режущими зубьями будут малоэффективны, нож с четырьмя режущими зубьями не будет захватывать материал должным образом. Поэтому выберем нож с тремя режущими зубьями, разработанная мной конструкция ножа представлена на рис. 2.

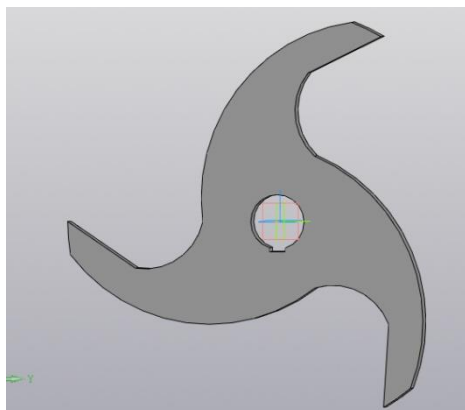


Рис. 2 – Нож

В качестве материала ножа используем инструментальную углеродистую сталь У12. Ширину ножа принимаем равной 20мм.

Для обеспечения максимального размера крошки 10мм, необходимо установить после ножевой части шредера, калибровочное сито, в котором ячейки выполнены в виде отверстий с диаметром 10мм.

Для более простого измельчения резины, ее следует разделить на куски по 400мм. С учетом этого примем размер дробильной камеры в длину 440мм. Для оптимальной работы проектируемого шредера необходимо обеспечить установку ножей на разных валах в шахматном порядке. Фиксация положения ножей относительно друг друга обеспечивается при помощи проставочных колец шириной 20 мм. (рис.3)

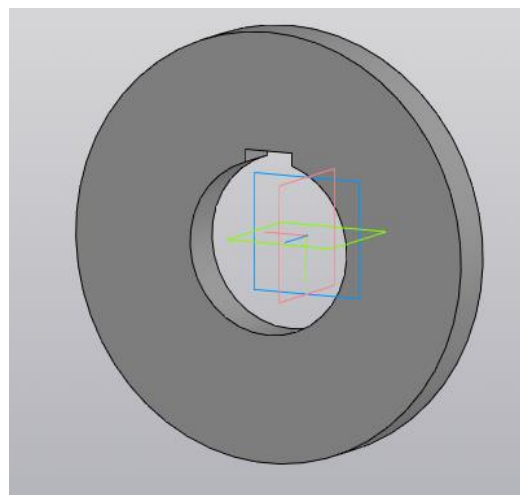


Рис. 3 – Вид проставки

Нож с проставками будет крепиться на валу при помощи шпонки. Вал в сборе изображен на рис. 4:

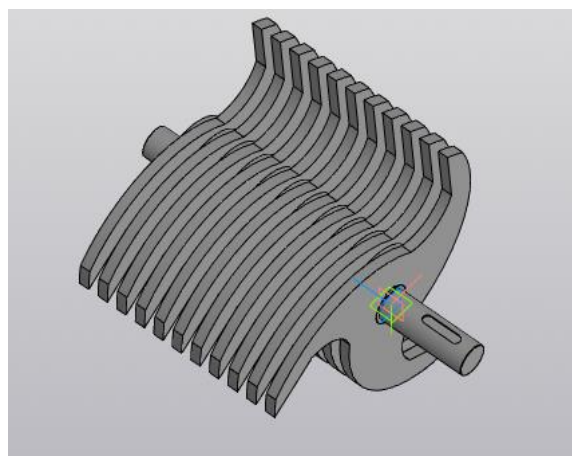


Рис. 4 – Общий вид вала с ножами

Собрав вал, переходим к второму валу. Делаем его по подобию первого, учитывая при этом встречное направление ножей. Получим:

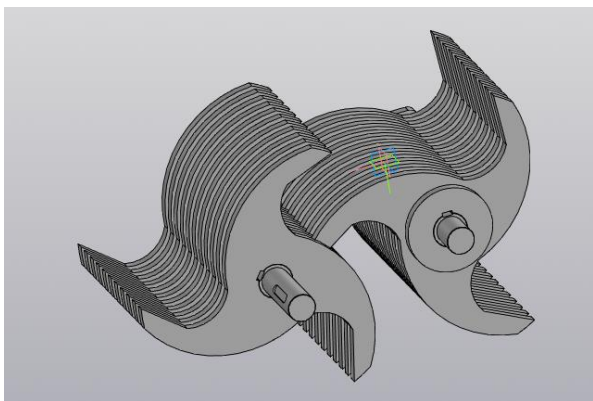


Рис. 5 – Вид валов

Крепеж валов на корпус шредера будет осуществлен при помощи подшипникового узла UCF-324 и подшипника с маркировкой 308. Толщина стенки в данном случае будет шириной 16мм. Сборка изображена на рис. 6.

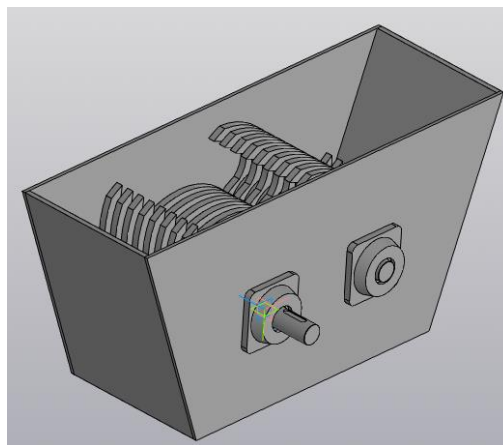


Рис. 6 – Вид сборки

Можно сделать заключение, что проделав данную работу в будущем число резино-технических отходов должно уменьшиться в несколько десятков раз, если установка будет применяться в крупных шиномонтажных станциях страны.

Список литературы

1. Вахламов, В. К. Автомобили : основы конструкции : учеб. для вузов [Текст] / В. К. Вахламов. - Гриф УМО. - Москва : Академия, 2004. - 528 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 525. - ISBN 5-7695-1593-7.
2. Ануриев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т. 1 [Текст] / В. И. Ануриев ; под ред. И. Н. Жестковой. - 8-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2001. - 920 с. : ил. - Библиогр. В конце гл. - Перечень ГОСТов: с. 909-912. - Предм. указ.: с. 913-920. - ISBN 5-217-02963-.
3. Бобович, Б. Б. Переработка промышленных отходов : учебник [Текст] / Б. Б. Бобович. - Гриф МО. - Москва : СП Интернет Инжиниринг, 1999. - 445 с. : ил. - Библиогр.: с. 437-445. - ISBN 5-89594-018-8.
4. ГОСТ 8407-89. Сырье вторичное резиновое. Покрышки и камеры шин. Технические условия = Reused rubber raw materials. Tyres and innertubes. Specifications : гос. стандарт Союза ССР [Текст] / Разработан М-вом химич. и нефтеперерабатывающей пром-сти СССР. - Переизд. (окт. 1993 г.) / Взамен ГОСТ 8407-84; Срок действия с 01.01.91 до 01.01.96. - Москва : Издво стандартов, 1994. - 5 с.; 20 см.
5. Воячек, А. И. Основы проектирования и конструирования машин : учебное пособие [Текст] / А. И. Воячек, В. В. Сенькин ; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Пензенский гос. ун-т". - Пенза : Изд-во Пензенского гос. ун-та, 2008. - 223, [2] с. : ил.; 20 см
6. Ресурсосбережение. Требования к экобезопасной утилизации отработавших шин = Resources conservation. Requirements for environmental recovery of used tyres [Текст]: национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 54095-2010 : введен впервые : введен 2012-01-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. - Москва : Стандартиформ, 2011. - V, 28 с.; 29 см..
7. Давыдова, В. Н. Расчеты основного оборудования, перерабатывающего полимеры : учебное пособие [Текст] / В. Н. Давыдова, В. А. Лукасик, Ю. В. Соловьева ; Федеральное агентство по образованию, Волгоградский гос. технический ун-т, Каф. химии и технологии переработки эластомеров. - Волгоград : ВолгГТУ, 2008. - 95, [1] с. : ил., табл.; 20 см. ISBN 978-5-9948-0106-2
8. Малкин, В. С. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования : учеб. пособие по курсовому проектированию для студентов специальности "Автомобили и автомобильное хозяйство" [Текст] / В. С. Малкин, Н. И. Живоглазов, Е. Е. Андреева. - Гриф УМО; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2005. - 108 с. : ил. - Библиогр.: с. 67-68. - Прил.: с. 69-107.

References

1. Vakhlamov, V.K. Cars: the basics of design: textbook. for universities [Text] / V. K. Vakhlamov. - Vulture UMO. - Moscow: Academy, 2004. - 528 p. : ill. - (Higher professional education). - Bibliography: p. 525. - ISBN 5-7695-1593-7.
2. Anuryev, V.I. Handbook of the designer-machine builder. In 3 vols. T. 1 [Text] / V. I. Anuryev; ed. I. N. Zhestkovoy. - 8th ed., revised, and additional - Moscow: Mashinostroenie, 2001. - 920 p. : ill. - Bibliography. At the end of Ch. - List of GOSTs: p. 909-912. - Item decree: p. 913-920. - ISBN 5-217-02963-.
3. Bobovich, B. B. Processing of industrial waste: textbook [Text] / B. B. Bobovich. - Vulture MO. - Moscow: SP Internet Engineering, 1999. - 445 p. : ill. - Bibliography: p. 437-445. - ISBN 5-89594-018-8.
4. GOST 8407-89. The raw material is secondary rubber. Tires and tire chambers. Specifications = Reused rubber raw materials. Tyres and tubes. Specifications : state standard of the USSR [Text] / Developed by the Ministry of Chemistry.

- and oil refining industry of the USSR. - Reissue. (Oct. 1993) / Instead of GOST 8407-84; Valid from 01/01/91 to 01/01/96. - Moscow: Publishing House of Standards, 1994. - 5 p.; 20 s.
5. Voyachek, A. I. Fundamentals of design and construction of machines: textbook [Text] / A. I. Voyachek, V. V. Senkin; Federal Agency for Education, State. educational institution of higher education prof. 53 education "Penza State University". - Penza: Publishing House of the Penza State. un-ta, 2008. - 223, [2] p. : ill.; 20 cm
6. Resource saving. Requirements for the sustainable disposal of used tires = Resources conservation. Requirements for environmental recovery of used tires [Text]: national standard of the Russian Federation GOST R 54095-2010: introduced for the first time: introduced 2012-01-01 / Federal Agency for Technical Regulation and Metrology. - Moscow: Standartinform, 2011. - V, 28 p.; 29 cm.
7. Davydova, V. N. Calculations of the main equipment processing polymers: a textbook [Text] / V. N. Davydova, V. A. Lukasik, Yu. V. Solovieva; Federal Agency for Education, Volgograd State. technical un-t, Dept. chemistry and technology of elastomer processing. - Volgograd: VolgGTU, 2008. - 95, [1] p. : ill., tab.; 20 cm. ISBN 978-5-9948-0106-2.
8. Malkin, V.S. Fundamentals of design and operation of technological equipment: textbook. manual on course design for students of the specialty "Automobiles and automotive economy" [Text] / V. S. Malkin, N. I. Zhivoglyadov, E. E. Andreeva. - Vulture UMO; TSU. - Tolyatti: TSU, 2005. - 108 p. : ill. - Bibliography: p. 67-68. - App.: p. 69-107.

УДК 621.762.5:541.13:621.38

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕАКЦИОННОГО МЕХАНИЧЕСКОГО ЛЕГИРОВАНИЯ НА СВОЙСТВА И СТРУКТУРУ ПОРОШКОВОЙ МЕДИ

Ю.О. Владимирова, В.В. Плотников, Е.П. Шалунов

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»,
Московский пр., 15, г. Чебоксары, Российская Федерация, 428015
e-mail: yulivladimirova@mail.ru

Аннотация:

В данной работе представлены результаты экспериментов по изучению влияния реакционного механического легирования на свойства порошковой меди. Изучаемые материалы изготавливались с помощью атритора емкостью 15 л. Варьированию подвергалось время обработки, которое составляло 30, 60, 90, 120, 150 и 180 мин. Исследования показали, что реакционное механическое легирование порошка меди приводит к получению, в принципе, качественно отличного от чистой меди материала, который можно квалифицировать как дисперсно-упрочненный материал, что обусловлено наличием в нем мелкодисперсных, равномерно распределенных частиц оксида меди. У этого материала по сравнению с технической медью более низкая электропроводность, но более высокие прочностные характеристики и температура рекристаллизации.

Ключевые слова: медь, реакционное механическое легирование, атритор, дисперсно-упрочненный материал, дисперсность, упрочнение.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF REACTION MECHANICAL ALLOYING ON THE PROPERTIES AND STRUCTURE OF POWDERED COPPER

Yu.O. Vladimirova, V.V. Plotnikov, E.P. Shalunov

Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, Moscow pr., 15,
Cheboksary, Russian Federation, 428015

Abstract:

This paper presents the results of experiments to study the effect of reaction mechanical alloying on the properties of powdered copper. The studied materials were manufactured using an attritor with a capacity of 15 l. The processing time was varied, which was 30, 60, 90, 120, 150 and 180 min. Studies have shown that the reaction mechanical alloying of copper powder leads to the production, in principle, of a qualitatively different material from pure copper, which can be qualified as a dispersion-strengthened material, due to the presence of finely dispersed, evenly distributed copper oxide particles in it. This material has lower electrical conductivity compared to technical copper, but higher strength characteristics and recrystallization temperature.

Keywords: copper, reaction mechanical alloying, attritor, dispersion-strengthened material, dispersion, hardening.

Анализ источников [1-9] показывает, что на данный момент одним из наиболее эффективных способов повышения прочностных и эксплуатационных свойств материалов является их упрочнение дисперсными частицами, осуществляемое с помощью реакционного механического легирования в высокоэнергетических шаровых мельницах – атриторах.

В данной работе представлены результаты экспериментов по изучению влияния реакционного механического легирования на свойства порошковой меди. Обработка электролитического порошка меди марки ПМС-1 велась в атриторе емкостью рабочей камеры 15 л, общий вид которого представлен на рис. 1.



Рис. 1 – Промышленный атритор с емкостью рабочей камеры 15 л, разработанный Чувашским государственным университетом

Варьированию подвергалось время обработки, которое составляло 30, 60, 90, 120, 150 и 180 мин. У полученных в атриторе гранул определялись фракционный состав, насыпная плотность и плотность после утряски, а также определялась их форма. Результаты полученных значений среднего размера гранул $d_{ср}$ и их насыпной плотности ρ_n в зависимости от времени обработки в атриторе τ_r представлены в таблице 1.

Таблица 1. Значения среднего размера гранул и насыпной плотности в зависимости от времени обработки

Время обработки τ_r , мин	Средний размер гранул $d_{ср}$, мм	Насыпная плотность ρ_n , г/см ³
0	0,1	1,5
30	0,3	3,0
60	0,9	3,9
90	0,8	3,9
120	0,4	3,3
150	1,2	4,6
180	1,6	4,9

Из анализа таблицы 1 следует, что до 60 мин обработки средний размер гранул сильно растет. При этом отмечено, что преобладают гранулы чешуйчатого типа. Дальнейшее увеличение времени обработки приводит к уменьшению размеров гранул, что может быть объяснено достижением ими критического состояния наклепа. Визуально можно наблюдать в этих порциях гранулы осколькоатого типа, что свидетельствует о наличии процесса дробления ранее полученных сваркой трением более крупных гранул. Наименьшему среднему размеру гранул соответствуют максимальные значения твердости и прочности прутков, изготовленных горячей экструзией из предварительно отпрессованных в холодную гранул.

Однако, начиная с 120 мин обработки, гранулы вновь приобретают способность свариваться. Средний размер гранул растет и они приобретают окатанную форму, близкую к равноосной. По-видимому, это связано с ростом температуры смеси, которая достигает величины, достаточной для протекания процесса рекристаллизации. Этим же может быть объяснено некоторое падение значения твердости прутков (таблица 2).

Таблица 2. Значения основных физико-механических свойств в зависимости от времени обработки

Время обраб отки τ_r , мин	Тверд ость HV, МПа	Электр опрово дность $\epsilon_{ср}$, %	Сопрот ивление разрыву $\sigma_{в}$, МПа	Удли нение δ , %
0	540	100	200	23,0
30	665	81	205	21,1
60	715	76	207	19,6
90	740	75	210	19,2
120	745	73	212	19,1
150	725	72	212	19,1
180	690	71	212	19,1

Поскольку реакционное механическое легирование проводилось на воздухе при интенсивном дроблении порошка с образованием чистых поверхностей и росте температуры [5, 8], то шихта во время обработки неизбежно окислялась (механохимический синтез [4, 10]), причем, тем больше, чем больше было время обработки. Это подтверждается результатами химического анализа, которые представлены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты химического анализа обработанной в атриторе меди

Материал	Время обработки, мин	Содержание кислорода, % мас.	Содержание железа, % мас.
Порошок ПМС-1	0	0,137	0,02
Гранулы ПМС-1	30	0,147	0,10
Гранулы ПМС-1	60	0,155	0,40
Гранулы ПМС-1	90	0,252	0,93
Гранулы ПМС-1	120	0,108	1,42
Гранулы ПМС-1	150	0,205	2,05
Гранулы ПМС-1	180	0,196	2,45

Из таблицы 3 видно, что с увеличением времени обработки наблюдается сильный рост содержания железа в гранулах и, соответственно, в изготовленных из них прутках (рис. 2), что обусловлено износом рабочей поверхностей рабочей камеры атритора и мелющих шаров.

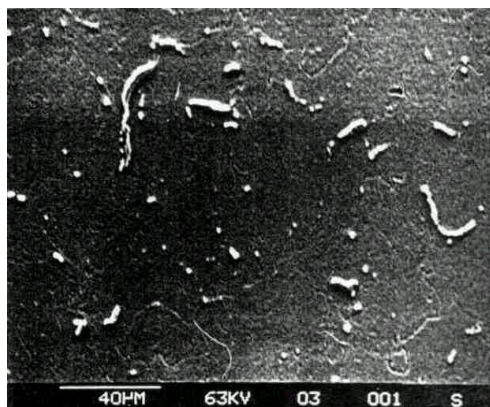


Рис. 2 – Стальные включения в прутке из гранул меди (×600)

Поскольку железо является нежелательным элементом в меди с точки зрения получения материалов с хорошей электропроводностью [1,2,5], необходимо ограничить длительность обработки в атриторе до 60 мин.

Дальнейшие исследования влияния реакционного механического легирования на порошковую медь проводились на прутках из гранул, полученных в течение 60 мин.

На рис. 3 приведена микроструктура горячепрессованного прутка из порошка меди. Отчетливо видны зерна, сформировавшиеся во

время нагрева в процессе рекристаллизации, а включения идентифицированные методом микрорентгеноспектрального анализа, являются окислами меди.

Из прутков порошковой меди были изготовлены также фольги для электронного микроскопического анализа (рис. 4), с которых методом электронографии снимались макроdifракции (со всего объекта – фольги диаметром 3 мм). На электронограммах ПМС-1 имеются рефлексы оксида меди Cu_2O (первое от центра кольцо, рис. 5).



Рис. 3 – Микроструктура прутка из порошка меди (×600)



Рис. 4 – Фольга прутка из порошка меди (×60000)



Рис. 5 - Электронограмма с фольги диаметром 3 мм прутка из порошка меди (макроdifракция со всего объекта)

Микроструктура прутка из гранул меди приведена на рис. 6.

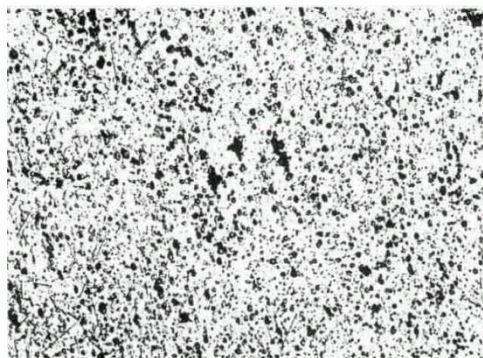


Рис. 6 – Микроструктура прутка из гранул меди (×600)

Сравнивая рис. 3 с рис. 6, можно отметить, что пруток из гранул обладает мелкозернистой, однородной структурой, содержащей значительное количество оксидной фазы.

Снятые с фольги (рис. 7) электронограммы (макродифракция со всего объекта – фольги диаметром 3 мм) (рис. 8) показывают, что кольцо оксида меди интенсивнее и почти сплошное, свидетельствующее о большом количестве кристаллов Cu_2O . Кроме того, кристаллы Cu_2O в материале прутков, изготовленных из гранул, имеют большие размеры, чем в материале прутка из порошка.

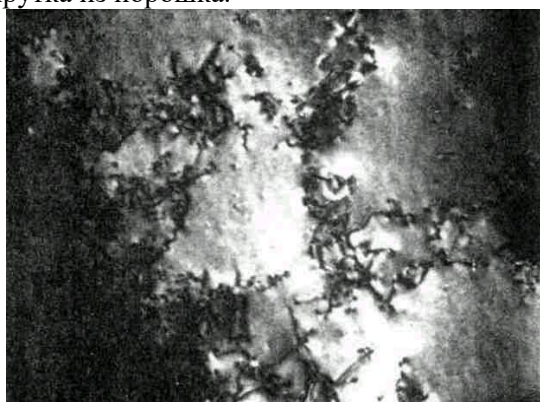


Рис. 7 – Фольга прутка из гранул меди (×64000)



Рис. 8 – Электронограмма с фольги диаметром 3 мм прутка из гранул меди (макродифракция со всего объекта)

Это наблюдается на угольных репликах, изготовленных из прутков порошковой меди (рис. 9) и гранул меди (рис. 10). Оксидные включения во втором случае имеют размер от 0,2 мкм до 0,6 мкм, в то время как в первом случае – от 0,02 мкм до 0,3 мкм.



Рис. 9 – Реплика материала прутка из порошка меди ПМС-1 (×7500)



Рис. 10 – Угольная реплика материала прутка из гранул меди (×7500)

Расчет параметров тонкой структуры материалов порошковой и гранулированной меди, проведенный методом аппроксимации с использованием рентгеновского дифрактометра ДРОН-3М, показывает, что операция реакционного механического легирования приводит к существенному их изменению (таблица 4).

Таблица 4. Параметры тонкой структуры материалов из порошковой и гранулированной меди

Исслед. материал	Параметр кристал. решетки, Å	Эффект. размер обл. когерентного рассеяния, мкм	Микроискажения $\frac{\Delta d}{d}$	Плотность дислокаций, см^{-2}
Порошок	3,6145	0,150	1×10^{-4}	1×10^9
Гранулы	3,6144	0,028	9×10^{-4}	9×10^{10}
Пруток из порошка	3,6147	0,150	10^{-4}	10^9
Пруток из гранул	3,6145	0,120	1×10^{-4}	1×10^9

Из таблицы 4 видно, что плотность дислокаций в гранулах выше почти на два порядка плотности дислокаций в порошке меди. Уменьшение плотности дислокаций в материале прутков по сравнению с порошком

меди и гранулами из него объясняется частичным отжигом во время нагрева под экструзию.

Наличие в гранулированной меди более высокой плотности дислокаций обуславливает более высокие прочностные характеристики прутков, изготовленных из гранул. На рис. 11 показаны графики изменения твердости прутков из порошковой и гранулированной меди в зависимости от температуры отжига в течении 1 ч. Из них видно, что окончательная рекристаллизация прутка из гранул меди происходит только при температуре более 800 °С.

В таблице 5 приведены некоторые физико-механические свойства прутков, изготовленных из порошковой и гранулированной меди.

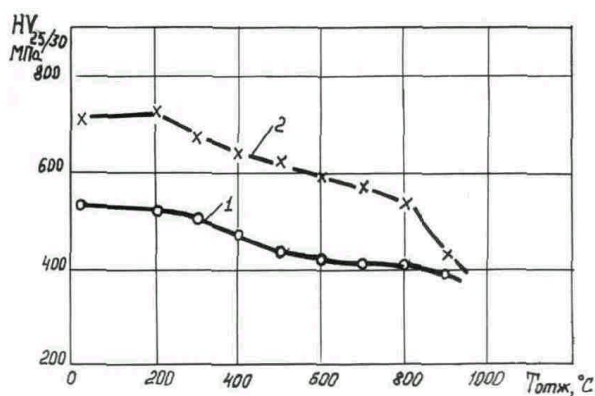


Рис. 11 – Зависимость твердости HV отожженных прутков, изготовленных из порошка (1) и гранул (2) меди от температуры отжига

Таблица 5. Физико-механические свойства прутков из порошковой и гранулированной меди

Характеристика материала	Исходный материал прутка	
	порошок	гранулы
Плотность, г/см ³	8,87	8,76
Твердость по Виккерсу, МПа	541	715
Временное сопротивление разрыву, МПа	203	211
Относительное удлинение, %	23,0	19,7
Удельное электросопротивление $\times 10^{-8}$ Ом	1,74	2,25
Электропроводность, % от э/п меди	98	75

Анализ вышеприведенных исследований показывает, что порошковая медь, обработанная в атриторе, несколько уступает литейной меди при одинаковом содержании кислорода по характеристикам прочности, пластичности и электропроводности, но значительно превосходит по твердости (твердость HV меди М1 – 360 МПа) и жаропрочности.

Таким образом, можно сделать вывод, что реакционное механическое легирование порошка меди приводит к получению, в принципе, качественно отличного от чистой меди материала, который можно квалифицировать как дисперсно-упрочненный материал, что обусловлено наличием в нем мелкодисперсных, равномерно распределенных частиц оксида меди.

Список литературы

1. Айзенкольб Ф. Успехи порошковой металлургии; пер. с нем – М.: Металлургия, 1989. – 540 с.
2. Порошковая металлургия. Спеченные и композиционные материалы; пер. с нем.; под ред. В. Шатта. – М.: Металлургия, 1983. – 520 с.
3. Импульсные методы обработки металлов: конспект лекций / О.В. Попов, Е.Г. Иванов [и др.]. – Чебоксары: Чуваш. гос. ун-т, 1982. – 62 с.
4. Dovydenkov V.A., Shalunov E.P. Experience of production and use of precipitation strengthened copper based materials made by mechanical alloying // [Powder Metallurgy](#), 1998, Т. 1. - С. 372.
5. Шалунов Е.П., Смирнов В.М., Матросов А.Л. Реакционное механическое легирование порошковой меди кислородом и углеродом // Вестник Чувашского университета. Естественные и технические науки. – 2012. – № 3. – С. 252-259.
6. [Разработка жаро- и износостойких порошковых нанокмпозиционных материалов для поршней машин литья под давлением](#) / Ю.О. Владимирова, Е.П. Шалунов [и др.] // Современные технологии в машиностроении и литейном производстве: материалы I Междунар. научн.-практ. конф. - Чебоксары: Чуваш. гос. ун-т, 2015. - С. 153-160.
7. Разработка технологии изготовления биметаллических разверток вкладышей тяжело нагруженных подшипников скольжения / Ю.О. Владимирова, Е.П. Шалунов, В.М. Смирнов [и др.] // Проектирование и перспективные технологии в машиностроении и металлургии: материалы II-ой Республ. науч.- практ. конф. – Чебоксары: Чуваш. гос. ун-т, 2016. - С. 166-173.

8. [Углеродные материалы в литейном производстве и порошковой металлургии](#) / И.Е. Илларионов, О.В. Кузьмина [и др.] // Проектирование и перспективные технологии в машиностроении и металлургии: материалы II-ой Республ. научн.-практ. конф. - Чебоксары: Чуваш. гос. ун-т, 2016. - С. 90-97.
9. [Некоторые пути повышения производительности процесса получения порошковых биметаллических разверток для вкладышей подшипников скольжения коленчатого вала](#) / Ю. О. Владимирова, И.В. Архипов [и др.] // [Современные технологии в машиностроении и литейном производстве](#): материалы III Междунар. науч.-практ. конф. – Чебоксары: Чуваш. гос. ун-т, 2017. - С. 261-266.
10. [Применение реакционного механического легирования для получения и производства жаропрочных объемных наноструктурных материалов на основе металлических порошков](#)/ Е.П. Шалунов, В.М. Смирнов, А.С. Янюшкин [и др.]. // [Актуальные проблемы в машиностроении](#). -2021. - Т. 8. -[№ 3-4](#).- С. 127-134.

References

1. Eisenkolb F. Successes of powder metallurgy; trans. from German – M.: Metallurgy, 1989. – 540 p.
2. Powder metallurgy. Sintered and composite materials; translated from German; edited by V. Shatta. – M.: Metallurgy, 1983. – 520 p.
3. Pulsed methods of metal processing: the context of lectures / O.V. Popov, E.G. Ivanov [et al.]. – Cheboksary: Chuvash State University, 1982. - 62 p.
4. Dovydenkov V.A., Shalunov E.P. Experience of production and use of precipitation strengthened copper based materials made by mechanical alloying // Powder Metallurgy, 1998, T. 1. - С. 372.
5. Shalunov E.P., Smirnov V.M., Matrosov A.L. Reactive mechanical alloying of powdered copper with oxygen and carbon // Bulletin of the Chuvash University. Natural and technical sciences. – 2012. – No. 3. – pp. 252-259.
6. Development of heat- and wear-resistant powdered nanocomposite materials for porsche injection molding machines / Yu.O. Vladimirova, E.P. Shalunov [et al.] // Modern technologies in mechanical engineering and foundry production: materials of the I International Scientific Journal.-Practical conference - Cheboksary: Chuvash State University, 2015. - pp. 153-160.
7. Development of technology for manufacturing bimetallic reamers of inserts of heavily loaded sliding bearings / Yu.O. Vladimirova, E.P. Shalunov, V.M. Smirnov [et al.] // Design and perspective technologies in mechanical engineering and metallurgy: materials of the II-th Republic of Science.- Practical conference – Cheboksary: Chuvash State University, 2016. - pp. 166-173.
8. Carbon materials in foundry production and powder metallurgy / I.E. Illarionov, O.V. Kuzmina [et al.] // Design and promising technologies in mechanical engineering and metallurgy: materials II- oi Republ. nauchn.-practical conf. - Cheboksary: Chuvash State University, 2016. - pp. 90-97.
9. Some ways to increase the productivity of the process of obtaining powder bimetallic reamers for crankshaft sliding bearing inserts / Yu. O. Vladimirova, I.V. Arkhipov [et al.] // Modern technologies in mechanical engineering and foundry production: materials of the III International Scientific and Practical Conference. Cheboksary: Chuvash State University, 2017. - pp. 261-266.
10. Application of reaction mechanical le-ging for the production and production of heat-resistant bulk nanostructured materials based on metal powders/ E.P. Shalunov, V.M. Smirnov, A.S. Yanushkin [et al.]. //Actual problems in mechanical engineering. -2021. - Vol. 8. -No. 3-4.- pp. 127-134.

УДК 621.01

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ НОЖЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ДРОБИЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ПЛАСТИКОВЫХ БУТЫЛОК

Т. А. Лукоянова¹, М. М. Зорина²

¹ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, 428015, Россия,
tatyanaluk00@gmail.com

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, 428015, Россия,
zorina-mari2015@mail.ru

Аннотация

В данной статье рассматривается актуальность переработки пластиковых отходов, в частности, бутылок емкостью 1,5 л в дробильной установке. Изложена часть студенческой проектной работы. Приводятся различия существующих типов машин для измельчения перерабатываемого сырья, их классификация по принципу действия и конструктивным особенностям, количеству используемых валов. Представлены различные виды ножей, используемые в дробильных установках, их применимость при переработке разных материалов. В конструкторской части исследования определены назначение, область применения и техническая характеристика оборудования, рассмотрены основные требования, применимые к дробильным установкам и их комплектующим узлам: ротор, вал, ножи. Прорисована схема захвата изделия во время переработки. Для обеспечения оптимальных показателей твердости и износостойкости был выбран вид конструкции ножа и определен материал режущего инструмента. Толщина устанавливалась исходя из требуемого размера получаемой после измельчения фракции. При конструировании был проведен анализ рынка дробильных установок и переработанного сырья, найден наиболее востребованный размер пластиковой крошки.

Ключевые слова: пластиковые отходы, переработка, дробильная установка, измельчение, нож, резание, материал, фракция, захват, сырье.

DEVELOPMENT OF THE DESIGN OF KNIVES USED IN THE CRUSHING PLANT FOR THE PROCESSING OF PLASTIC BOTTLES

T. A. Lukoyanova¹, M. M. Zorina²

¹FSBEI HE «Chuvash State University I.N. Ulianov», Cheboksary, 428015, Russia,
tatyanaluk00@gmail.com

²FSBEI HE «Chuvash State University I.N. Ulianov», Cheboksary, 428015, Russia,
zorina-mari2015@mail.ru

Abstract

This article discusses the relevance of recycling plastic waste, in particular, half-liter bottles, in a crushing plant. The differences between the existing types of machines for grinding processed raw materials, their classification according to the principle of operation and design features, the number of shafts used are given. Various types of knives used in crushing plants, their applicability in the processing of various materials are presented. In the design part of the study, the purpose, scope and technical characteristics of the equipment are determined, the main requirements applicable to crushing plants and their component parts are considered: rotor, shaft, knives. The scheme of product capture during processing is given. To ensure optimal hardness and wear resistance, the type of knife design was selected and the material of the cutting tool was determined. The thickness was determined based on the required size of the fraction obtained after grinding. During the design, an analysis of the market of crushing plants and recycled raw materials was carried out, the most popular size of plastic crumbs was found.

Keywords: plastic waste, recycling, crushing plant, crushing, knife, cutting, material, fraction, capture, raw materials.

Пластиковые отходы являются одним из самых распространенных видов мусора, выбрасываемого человеком в окружающую среду, так как пластмассы надежно и надолго вошли в повседневную жизнь общества. Отказаться от их использования уже

невозможно из-за необратимости и ежедневного расширения этого процесса, но есть вероятность уменьшения вредного воздействия пластиковых изделий на человечество с помощью переработки.

С каждым годом производство товаров из пластика увеличивается, но изделия, созданные из переработанных материалов, по техническим характеристикам почти не уступают вновь созданным полимерам. Они имеют два главных преимущества: 1) сокращение обилия выбросов от заводоизготовителей; 2) стоимость продукции из утиля дешевле первоначальной минимум на 20-25%.

Целью данного исследования является анализ конструкций измельчителей и разработка конструкции ножей для дробильной установки, используемой для переработки пластиковых бутылок.

Чтобы переработать использованный пластик, его необходимо измельчить.

Под измельчением понимается последовательный ряд операций, имеющих целью уменьшить размер кусков твердого материала от начального до конечного, необходимого для промышленного использования.

Установка для измельчения подбирается в зависимости от толщины, вида перерабатываемого сырья и размера фракции, которую необходимо получить. Размер фракции является важнейшим техническим параметром оборудования, и от него зависит, насколько затратной будет следующая стадия обработки – гранулирование. Ввиду того, что некоторые предприятия пользуются технологией смешивания пластиковой крошки с исходным сырьём, что предусматривает отсутствие пыли, инородных и крупных объектов, необходимо выбрать оптимальный способ переработки пластика, который максимально возможно исключит эти посторонние элементы.

Существуют два вида конструкций оборудования для измельчения – шредер и дробильная установка, главным отличием между ними является размер получаемой фракции. Шредер при помощи пил, установленных на вращающемся роторе, грубо измельчает сырье до крупной фракции – 25-200 мм. Исходный материал загружается в приемный бункер, а гидравлический пресс, двигаясь возвратно-поступательными движениями, плотно прижимает материал к ротору с вращающимися ножами. Благодаря огромной энергии удара пластин пресса и высокой скорости оборотов ротора происходит мгновенное дробление сырья. Материал измельчается до тех, пока синтетические гранулы не смогут пройти через фракционное

сито, установленное под ротором. Калибр фракции гранул зависит от размера ячеек сита.

Дробилка измельчает сырье до мельчайшей фракции – от 5 до 25 мм. При этом используются агрегаты с различными типами ножей и конфигураций режущих кромок. Зазубренная форма режущих кромок ножей позволяет более эффективно измельчать материал до необходимых размеров.

Дробильные машины чрезвычайно разнообразны и могут быть классифицированы по принципу действия и конструктивным особенностям:

- щековые дробилки с простым (рис. 1, а) и сложным (рис. 1, б) движением подвижной щеки. Первые измельчают материал раздавливанием, а вторые – раздавливанием и истиранием при периодическом приближении подвижной щеки к неподвижной;
- конусные дробилки с подвижным валом (рис. 1, в) и с неподвижной осью (рис. 1, г). Эти дробилки измельчают материал раздавливанием и изгибом при постоянном приближении к неподвижному конусу поверхности подвижного конуса, который совершает поступательные движения в горизонтальной плоскости или круговые движения, эксцентричные относительно внутренней поверхности неподвижного конуса;
- валковые дробилки (рис. 1, д) измельчают материал в основном раздавливанием, частично истиранием, ударом или изгибом между двумя вращающимися навстречу друг другу валками с гладкой, рифленой, ребристой или зубчатой поверхностями;
- бегуны (рис. 1, е) измельчают материал раздавливанием и истиранием между цилиндрической поверхностью катков и плоской поверхностью чаши;
- дезинтеграторы (рис. 1, ж) измельчают материал ударами быстро вращающихся жестко закрепленных молотков – бил;
- молотковые и роторные дробилки (рис. 1, з) измельчают материал ударами и частично истиранием быстро вращающихся шарнирно или жестко закрепленных молотков;
- кольцевые мельницы (рис. 1, и) измельчают материал раздавливанием и истиранием между криволинейными поверхностями – кольцевой дорожкой и роликами или шарами;
- барабанные вращающиеся (рис. 1, к) и вибрационные (рис. 1, л) мельницы

измельчают материал ударами и истиранием свободно падающих мелющих тел, последние поднимаются во вращающемся барабане под действием центробежной силы, а в вибрационных мельницах – в результате вибрации барабана.

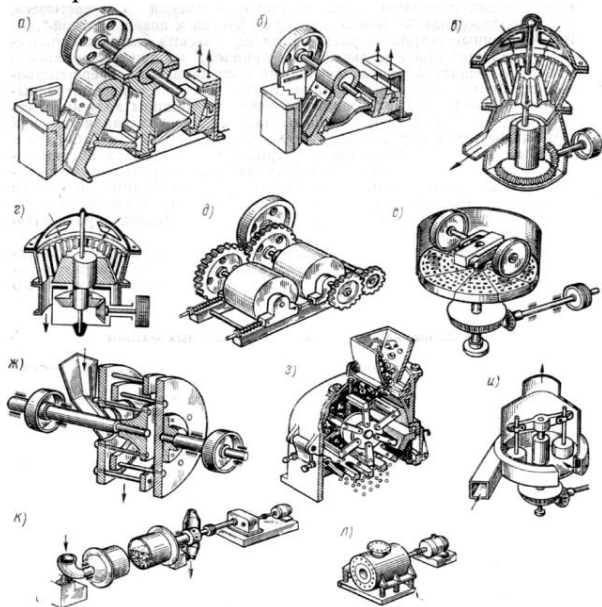


Рис. 1 – Дробильные машины

По количеству валов дробильные установки делят на одноваловые и двухваловые. Одна из разновидностей конструкций одновалового устройства: на корпусе закреплены неподвижные статорные ножи, а на роторе – подвижные пилы, конфигурация которых зависит от вида сырья. Двухваловые дробилки – малопроизводительные устройства с камерой небольшого объема. Измельчение происходит при помощи роторных и статорных ножей, расположенных в шахматном порядке на двух вращающихся во встречных направлениях валах. На роторных ножах имеются зубцы, служащие для захвата и измельчения сырья.

Для переработки пластиковых бутылок вместимостью 1,5 л было решено выбрать конструкцию однороторной неререверсивной дробилки с одной камерой дробления. На первом этапе проектирования установки необходимо определиться с конструкцией режущих ножей и произвести выбор их формы.

При интенсивном развитии роторных дробилок постоянно появляются новые конструктивные решения. При использовании новых дробилок на практике представляется возможным выбрать оптимальный вариант, отвечающий следующим требованиям:

- наибольшая производительность;

- минимальный износ рабочих органов;
- минимальная энергоемкость и металлоемкость и т.д.

Основной рабочий орган дробилки – ротор. Он вращается на роликоподшипниках, установленных на станине или в корпусе машины. Так как в проектируемом оборудовании выбрана конструкция однороторной схемы дробления, то целесообразно спроектировать не только вращающиеся ножи, закрепленные на валу, но и статорные ножи, находящиеся относительно друг друга в шахматном порядке.

Существуют общие требования для ножей, устанавливаемых в дробилках:

- высокий показатель твердости лезвий;
- износостойкая кромка изделия;
- незначительный вес;
- простое и быстрое снятие ножей, а также их установка;
- длительный эксплуатационный срок.

Ножи изготавливают из легированной или углеродистой стали. Выбор сплава зависит от условий, в которых будет использоваться оборудование, а также от поверхности перерабатываемого сырья.

Режущие ножи бывают нескольких видов:

- Призматические ножи. В основном используются в однороторных машинах и могут иметь различную форму: квадрат, ромб, треугольник и др. Наиболее распространены для данного типа ножи квадратной формы. Роторный вал для шредеров, использующих такие ножи, имеет по всей длине радиально расположенные выступы смещенные друг относительно друга под определенным углом. Призматические ножи при помощи винтов крепятся к этим выступам. Ротор, состоящий из этих ножей, при вращении взаимодействует со специальным зубчатым контрножом. Ширина одной из сторон ножа определяет размер получаемой фракции. Призматическая форма данных ножей позволяет их многократное использование после износа при помощи переворота режущих граней. Данная конструкция эффективна для измельчения крупногабаритных отходов, в качестве которых может использоваться пластик, резина, древесина.

- Крюкообразные ножи. Это плоские ножи с несколькими радиально выступающими зубьями, количество которых варьируется от 1 до 10 в зависимости от назначения дробильной машины. В центре ножа располагается многогранное отверстие. Ножи такого типа применяются в двух- и более роторных

машинах. Роторы набираются из ножей в определенном порядке, чтобы каждый последующий нож в наборе имел радиальное угловое смещение относительно предыдущего. Между ножами устанавливаются дистанционные кольца меньшего диаметра, которые при сборке двух и более роторов создают определенное перекрытие между ножами ротора. Два и более набранных ротора устанавливаются на определенном межосевом расстоянии друг от друга и вращаются в противоположных направлениях, создавая затягивающий эффект. Степень измельчения в данных шредерах зависит от зазоров между ножами роторов и стенок корпуса шредера, имеющих гребенчатую форму. В качестве отходов может использоваться пластик, резина, древесина, бумага и др.

- Гильотинные ножи. Резка подобными ножами осуществляется роторными дробилками, ротор которых имеет некоторый набор гильотинных ножей, установленных определенным образом. Дробление отходов производится за счет вращения ротора относительно неподвижно закрепленного на станине контрножа. Подобные дробилки в основном работают в качестве измельчителей пластиковых материалов (пластиковых бутылок, пакетов, упаковки и пр.) для последующей переработки.

Для производства ножей роторных шредеров и дробилок в основном применяются такие материалы как закаленные инструментальные и быстрорежущие стали. Данные стали непосредственного перед заточкой подвергаются определенной термообработке, что позволяет значительно повысить износостойкость данного типа ножей к истиранию, ударам и др. механическим нагрузкам. Также позволяют повысить износостойкость нанесение специальных покрытий, таких как нитрид титана.

Для перерабатываемого нашей установкой сырья (пластиковая бутылка вместимостью 1,5 л) наиболее оптимальной конструкцией является крюкообразный нож. Это объясняется тем, что изделие будет разрушаться поперек, то есть захват бутылки будет происходить радиально (рис. 2). В сборке режущей части дробильной установки предусмотрены статорные ножи, которые в паре с динамическими ножами будут создавать благоприятный захват бутылки, при котором она не будет вылетать или выскальзывать в процессе разрушения.

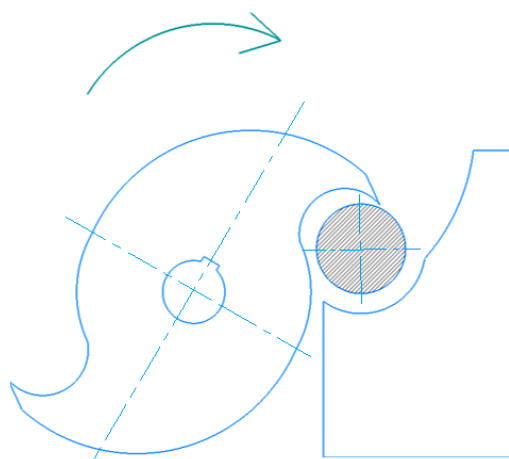


Рис. 2 – Схема захвата изделия

Чтобы определить геометрические параметры и размеры ножа, необходимо установить средние размеры пластиковой бутылки: высота – 300 мм, максимальный диаметр – 90 мм. То есть необходимо расположить ножи на вращающемся валу на длину ориентировочно 300 мм с учетом втулок, находящихся между ножами.

Исходным требованием для определения количества ножей на валу является желаемый размер получаемой фракции, так как от данной характеристики напрямую подбирается толщина ножа. Проанализировав рынок вторичного сырья, используемого для последующего создания из него новых изделий в чистом виде или с помощью технологии смешивания, определен размер предположительно получаемой пластиковой крошки – 5 мм. Следовательно, толщина ножей и втулок ориентировочно выбирается 5 мм. Для точного значения данного геометрического параметра после сборки конструкции необходимо рассчитать размерную цепь для динамических и статорных ножей, находящихся между ними втулок и пластинок, корпуса устройства.

При проектировании режущей части ножей необходимо учесть размеры пластиковой бутылки. Так как максимальный диаметр бутылок составляет 90 мм, радиусы режущих «желобов» на ножах должны быть не менее 45 мм. С учетом этого окончательно определены форма и размеры ножей.

Чтобы надежно зафиксировать элементы конструкции, то есть воспрепятствовать относительно повороту или сдвигу ножей и втулок на вращающемся валу, в конструкции режущего инструмента предусмотрен шпоночный паз. Высота бутылки (примерно 300 мм) определяет длину режущей части и, следовательно, шпонки. Из ряда стандартных

длин шпонок выбираем ближайшее подходящее значение – 320 мм.

При последующем проектировании и расчетах на прочность значения размеров шпонки будут скорректированы.

В качестве материала для ножей выбрана инструментальная сталь У10 (ГОСТ 1435-99), обеспечивающая твердость 58...62HRC.

Чертеж динамического ножа представлен на рис. 3.

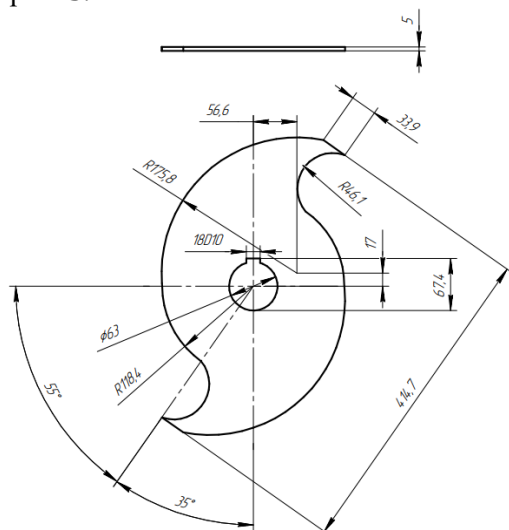


Рис. 3 – Чертеж ножа

Список литературы

1. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т. 1 / В. И. Анурьев; под ред. И. Н. Жестковой. - 8-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 2001. - 920 с.
2. Бобович Б. Б. Переработка промышленных отходов: учебник / Б. Б. Бобович. - Гриф МО. - М.: СП Интермет Инжиниринг, 1999. - 445 с.
3. Клушанцев Б.В. Дробилки. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации / Б.В. Клушанцев [и др.]. М.: Машиностроение, 1990.
4. Олевский В.А. Конструкции, расчеты и эксплуатация дробилок / В.А. Олевский. - Metallurgizdat, 1958.
5. Пономарев В.Б. Щековые и конусные дробилки: методические указания по курсовому проектированию / В.Б. Пономарев, А.Б. Лошкарёв, В.Я. Дзюзер. - Екб.: УГТУ – УПИ, 2008. - 71 с.
6. Сметанин В. И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления : учеб. пособие / В. И. Сметанин. - Москва: КолосС, 2003. - 230 с.
7. ГОСТ 23360-78 Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шпоночные с призматическими шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки.

References

1. Anuryev V. I. Handbook of a machine-building designer. In 3 vols., vol. 1 / V. I. Anuryev; edited by I. N. Zhestkova. - 8th ed., reprint. and additional - M.: Mechanical Engineering, 2001. - 920 p.
2. Bobovich B. B. Processing of industrial waste: textbook / B. B. Bobovich. - Vulture MO. - M.: SP In-termet Engineering, 1999. - 445 p.
3. Klushantsev B.V. Crushers. Design, calculation, features of operation / B.V. Klushantsev [et al.]. Moscow: Mashinostroenie, 1990.
4. Olevsky V.A. Designs, calculations and operation of crushers / V.A. Olevsky. - Metallurgizdat, 1958.
5. Ponomarev V.B. Cheek and cone crushers: methodological guidelines for course design / V.B. Ponomarev, A.B. Loshkarev, V.Ya. Dzyuzer. - Ekb.: UGTU - UPI, 2008. - 71 p.
6. Smetanin V. I. Environmental protection from production and consumption waste : textbook. manual / V. I. Smetanin. - Moscow: KolosS, 2003. - 230 p.
7. GOST 23360-78 Basic standards of interchangeability. Keyway connections with prismatic keyways. Dimensions of dowels and cross-sections of grooves. Tolerances and landings.

В результате проделанной работы изучен вопрос резания исходного материала и определена конструкция используемого в дробильной установке ножа.

Представленные этапы являются началом работы над проектированием установки для переработки пластика. Проект является актуальным, так как ежегодно тонны использованных пластиковых бутылок попадают в окружающую среду. Разложение этого материала в зависимости от плотности занимает от 200 до 700 лет. В последние десятилетия проблема утилизации и переработки пластика требует грамотного подхода и рационального решения.

Использование вторичных ресурсов из пластиковых отходов позволяет уменьшить количество выбросов от заводоизготовителей, защитить флору и фауну от негативного воздействия полимеров и в целом улучшить экологическую обстановку в мире.

УДК 621.9.047

ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЕ АЗОТИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛЕЙ ХВГ И 40Х

А.И. Бусов, В.М. Смирнов

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»,
пр-т Московский, 15, Чебоксары, Российская Федерация, 428015,
e-mail: Sanches.05@mail.ru

Аннотация

Развитие методов и технологий для повышения микротвёрдости поверхностного слоя остаётся актуальной и по сей день. Перспективным методом поверхностного упрочнения сталей является химико-термическая обработка в электролитной плазме. В данной статье описана методика проведения и результаты электролитно-плазменного азотирования на аноде для упрочнения поверхности сталей ХВГ и 40Х. В работе подробно описана схема использованной установки электролитно-плазменного нагрева и приведены размеры, и форма образцов сталей, на которых проводились исследования. Приведены состав электролита, и режимы электролитно-плазменного нагрева образцов исследуемых марок стали. Для проведения эксперимента электролитно-плазменного азотирования образцов инструментальной стали ХВГ использовано планирование эксперимента. Получено уравнение регрессии, которое описывает зависимость микротвёрдости поверхностного слоя стали ХВГ от напряжения на электродах и времени электролитно-плазменного нагрева. Полученные результаты измерения микротвёрдости представлены в виде графиков и проанализированы. Показано, что наиболее преимущественным фактором, обеспечивающим повышения микротвёрдости поверхностного слоя сталей ХВГ за счет азотирования, является подаваемое напряжение на электродах. Также на примере стали 40Х установлено, что при высоких напряжениях электролитно-плазменного нагрева в конце процесса при отключении напряжения происходит закалка и значительное увеличение твердости.

Ключевые слова: электролитно-плазменное азотирование, полно факторный эксперимент, сталь, микротвёрдость, электролит.

PLASMA-ELECTROLYTIC NITRIDING OF ALLOYED HVG AND 40H

A.I. Busov, V.M. Smirnov

I.N. Ulyanov Chuvash State University,
15 Moskovsky Ave., Cheboksary, Russian Federation, 428015,
email address: Sanches.05@mail.ru

Abstract

The development of methods and technologies for increasing the microhardness of the surface layer remains relevant to this day. A promising method of surface hardening of steels is chemical-thermal treatment in an electrolyte plasma. This article describes the method of carrying out and the results of electrolytic-plasma nitriding on the anode to harden the surface of KhVG and 40Kh steels. The paper describes in detail the scheme of the electrolytic-plasma heating installation used and shows the dimensions and shape of the steel samples on which the studies were carried out. The composition of the electrolyte and modes of electrolytic-plasma heating of the samples of the studied steel grades are given. For the experiment of electrolytic-plasma nitriding of samples of tool steel KhVG, the planning of the experiment was used. A regression equation has been obtained that describes the dependence of the microhardness of the surface layer of CVG steel on the voltage at the electrodes and the time of electrolytic-plasma heating. The obtained results of microhardness measurements are presented in the form of graphs and analyzed. It is shown that the most advantageous factor that provides an increase in the microhardness of the surface layer of CVG steels due to nitriding is the voltage applied to the electrodes. Also, using the example of steel 40X, it was found that at high voltages of electrolytic-plasma heating at the end of the process, when the voltage is turned off, hardening and a significant increase in hardness occur.

Keywords: electrolytic-plasma nitriding, full factorial experiment, steel, microhardness, electrolyte, electric voltage.

1. Введение

Развитие современной промышленности во многом зависит от качества, характеристик и свойств выпускаемой продукции. Такие параметры достигаются высоким уровнем

технологической подготовки на производстве. Технологическое усовершенствование в промышленности позволяет достичь требуемых результатов с наименьшими экономическими затратами. Однако в процессе

достижения поставленных задач наблюдается ряд проблем, требующих современного подхода.

В настоящее время остаётся актуальным вопрос повышения сопротивляемости разрушению, которая достигается за счёт поверхностного упрочнения деталей машин и инструментов. На данный момент распространенными методами повышения твердости являются термические, химико-термические и механические. Для обеспечения твердости и износостойкости на поверхности детали широко применяются цементация, азотирование и нитроцементация [1]. Преимущество азотированного слоя заключается в более высокой твердости и износостойкости, а также в способности сохранения высокой твердости при нагреве до высоких температур. Однако у традиционного способа азотирования существует значительный недостаток, который выражается в длительности процесса. В последнее время все большее развитие и применение получают различные методы и способы плазменного азотирования, которые позволяют не только избавиться от недостатков традиционных методов азотирования [2, 3].

Одним из перспективных методов азотирования является метод электролитно-плазменного нагрева в электролите [4]. Такой способ позволяет регулировать процесс обработки в широком диапазоне режимов и усилить насыщение поверхности. Его главным преимуществом является сокращением времени процесса насыщения, что придаёт процессу большую экономическую значимость. Применение данного метода позволяет проводить цементацию, азотирование, нитроцементацию, борирование и сульфидирование [4-6]. Однако обеспечение эффективного поверхностного упрочнения сталей при электролитно-плазменном азотировании требует проведения экспериментальных исследований влияния режимов обработки, конструктивных особенностей электролитической ванны, марок сталей и других факторов на распределение твердости и на формирование необходимой структуры в поверхностном слое.

Целью настоящей работы является исследование влияния режимов электролитно-плазменного азотирования (ЭПА) на микротвёрдость поверхностного слоя легированных инструментальной и конструкционной сталей ХВГ и 40Х.

2. Материалы, оборудование и методика исследования

2.1. Образцы для исследований

Образцы изготавливаются из легированной инструментальной и конструкционной стали марки ХВГ с габаритными размерами 3х32х15 мм и 40Х, размерные параметры образцов приведены на рис. 1. Для стали 40Х отверстие предназначено для установки термодатчика.

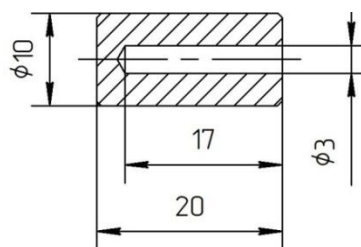


Рис. 1 – Размерные параметры образца из стали 40Х

В углеродистых сталях после азотирования наблюдается сравнительно невысокая твердость. Поэтому для азотирования применяют стали с легирующими элементами, образующими высокотвердые нитриды (AlN, TiN и др.).

2.2. Методика азотирования

На рис. 2 представлена схема установки электролитно-плазменного азотирования на аноде. Обработка образцов из вышеуказанных марок сталей проводится в рабочей ванне цилиндрической формы с внутренним диаметром камеры 45 мм. Образец (2), закрепленный в зажиме, является анодом (+). В качестве катода (5) используется цилиндр из пластины нержавеющей стали.

Ванна (6) при проведении ЭПА заполняется электролитом (4), который подается через трубку 7. Скорость подачи электролита при ЭПО составляет 1 л/мин.

Азотирование нами проводилось в электролите из водного раствора, содержащего 11% хлорида аммония и 11% нитрат аммония. После завершения времени азотирования напряжение отключается и образцы охлаждаются в электролите.

Образцы из инструментальной стали ХВГ подвергались электролитно-плазменному нагреву по следующим режимам:

-Напряжение на электродах: 120 В, 145 В 170 В;

-Время нагрева - 3 и 6 мин;

Образцы из конструкционной стали 40Х обрабатывались электролитно-плазменным нагревом:

-Напряжение обработки на электродах – 110 В, 160 В, 220 В;

-Время нагрева – 3 мин;

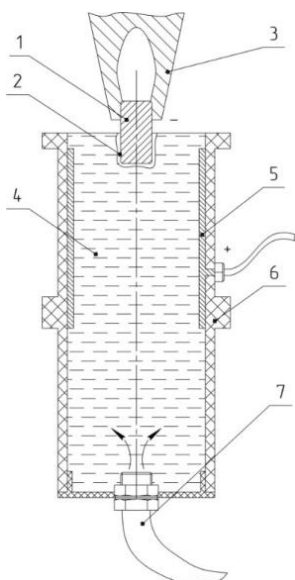


Рис. 2 - Схема ЭПА: 1 – образец (анод); 2 – парогазовая оболочка; 3 – зажим; 4 – электролит; 5 – катод; 6 – ванна; 7 – трубка для подачи электролита

2.3. Методика изготовления шлифов и измерения микротвердости

Износостойкость определяется твердостью поверхностного слоя. Так как упрочненный поверхностный слой имеет небольшую глубину, то соответственно для определения упрочненного слоя при химико-термической обработке обычно изготавливают специальные поперечные шлифы, которые обеспечивают измерение микротвердости от поверхности вглубь образца.

Обычно подготовка таких шлифов состоит из следующих этапов:

- механическая резка алмазным кругом при малых оборотах (40...60 об/мин.) и с охлаждением;
- шлифование исследуемой поверхности;
- полирование и травление.

Шлифование и полирование проводились стандартными методами на универсальном шлифовально-полировочном оборудовании.

Микротвёрдость на подготовленных шлифах измеряли на полуавтоматическом микротвёрдомером Shimadzu HNV-G21ST, с использованием объектива с увеличением 40х и нагрузки 0,1 кг.

3. Исследование влияние факторов

3.1. Условия эксперимента

Планирование эксперимента использовали при проведении экспериментов с образцами из стали ХВГ в электролитной ванне, содержащей 11% хлорида аммония и 11% нитрата аммония. Выходящим фактором в работе была принята

микротвёрдость (HV) обработанного поверхностного слоя. Основными входящими факторами являются напряжение (U, В) и время нагрева образца (t, мин).

Методика расчёта составлена принципу полно факторного эксперимента [7].

3.2. Кодирование переменных и построение матрицы планирования

В таблице 1 представлены уровни и интервалы варьирования факторов.

Таблица 1. Интервал варьирования факторов

Факторы	Уровни			Интервал варьирования
	-1(x _{min})	0(x _{i0})	+1(x _{max})	
U, В - x ₁	120	145	170	25
t, мин - x ₂	3	4,5	6	1,5

Кодируем факторы по формуле (1):

$$X_i = \frac{V_i - V_{i0}}{P_{i1}}, \quad (1)$$

$$X_i = \frac{U - 145}{25}, \quad X_i = \frac{t - 4,5}{1,5}$$

Неполный полином строится следующим образом:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2.$$

В таблице 2 построена матрица планирования, в которой указаны количество опытов и кодированные значения факторов.

Таблица 2. Матрица планирования эксперимента

№ экс.	x ₀	x ₁	x ₂	x ₁ x ₂	Y	Y _{ср}
1	+	-	-	+	286,64; 300,07; 288,89.	291,86
2	+	+	-	-	871,19; 848,71; 837,81.	852,57
3	+	-	+	-	355,35; 332,59; 316,98.	334,97
4	+	+	+	+	931,44; 906,64; 837,81.	891,96

3.3. Вычисление коэффициентов регрессии.

По формуле (3) рассчитываются коэффициенты регрессии.

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^N X_{iu} \times Y_{cp}}{N}, \quad (3)$$

Найденные коэффициенты регрессии заносим в таблицу 3.

Таблица 3. Коэффициенты регрессии

b_0	b_1	b_2	$b_{1,2}$
592,84	279,43	20,63	-0,93

3.4. Дисперсия воспроизводимости.

Дисперсия воспроизводимости определяется по формуле (4)

$$S_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n S_j^2, \quad (4)$$

Полученные данные заносятся в таблицу 4.

Таблица 4. Расчет выборочных дисперсий

j	y_j	$(y_{j1} - y_j)^2$	$(y_{j1} - y_j)^2$	$(y_{j1} - y_j)^2$	S_j^2
1	291,86	27,2484	67,404	8,8209	51,737
2	852,57	346,7044	14,9	217,86	289,73
3	334,97	415,3444	5,6644	323,64	372,32
4	891,96	1558,67	215,5	2932,2	2353,2

Суммируя S_j^2 , получаем:

$$\sum_{j=1}^4 S_j^2 = 3066,99,$$

Находим дисперсию воспроизводимости:

$$S_{\{y\}}^2 = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 S_j^2 = 766,7474,$$

Далее определяем среднее квадратическое отклонение коэффициентов по формуле (5).

$$S_{\text{коэф}} = \sqrt{\frac{S_{\{y\}}^2}{n \times m}}, \quad (5)$$

$$S_{\text{коэф}} = 7,9934$$

Из таблиц распределения Стьюдента по числу степеней свободы $n \times (m - 1) = 8$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$ находим $t_{кр} = 2,30$.

Отсюда получаем:

$$t_{кр} \times S_{\text{коэф}} = 18,3848,$$

Сравнивая полученное значение с коэффициентами уравнения регрессии, видим, что все коэффициенты кроме b_{12} больше по абсолютной величине 18,3848. Следовательно, все коэффициенты кроме b_{12} значимы. Полагая, $b_{12} = 0$ получаем уравнение регрессии в кодированных переменных:

$$y = 592,84 + 279,43x_1 + 20,63x_2 \quad (6)$$

3.5. Проверка уравнения на адекватность.

Проверим адекватность полученной формулы (6) по критерию Фишера. Для определения необходимо вычислить остаточную дисперсию.

Для этого найдем значения изучаемого параметра по полученному уравнению

регрессии, подставляя +1 и -1 вместо x_i в соответствии с номером эксперимента:

$$\tilde{y}_1 = 292,78;$$

$$\tilde{y}_2 = 851,64;$$

$$\tilde{y}_3 = 334,04;$$

$$\tilde{y}_4 = 892,9,$$

Остаточную дисперсию вычисляем по формуле (7).

$$S_{\text{ост}}^2 = \frac{m}{m - r} \sum_{j=1}^n (\tilde{y}_j - \bar{y}_j), \quad (7)$$

$$S_{\text{ост}}^2 = 10,3794,$$

Определим расчётное значение критерия Фишера по формуле (8).

$$F_{\text{расч.}} = \frac{S_{\text{ост}}^2}{S_y^2}, \quad (8)$$

$$F_{\text{расч.}} = 0,01353,$$

Значение $F_{\text{табл}}$ определяется из таблиц критических точек распределения Фишера при $\alpha = 0,05$ в соответствии со степенями свободы:

$$k_1 = 1$$

$$k_2 = 8$$

$$F_{\text{табл}} = 5,32,$$

Поскольку $F_{\text{расч.}} = 0,01353 < F_{\text{табл}} = 5,32$, то уравнение регрессии считается адекватным.

3.6. Интерпретация полученной модели.

По полученной модели (6) произведём интерпретацию.

Анализируя уравнение, наблюдается, что из двух факторов x_1 - значение подаваемого напряжения и x_2 - время нагрева значительное влияние оказывает фактор x_1 , так как является наибольшим коэффициентом. Так же поскольку оба коэффициента являются положительными, то значит, что при увеличении этих факторов увеличивается и микротвёрдость.

Подставляя в уравнение регрессии (6) натуральные переменные и преобразовывая алгебраически, то получаем его окончательный вид в натуральных переменных:

$$HV = -1089,744 + 11,1772U + 13,6158t.$$

4. Результаты после электролитно-плазменного азотирования

На рис. 3 и 4 представлены распределения микротвёрдости на поверхностном слое стали ХВГ и 40Х, на нескольких режимах. Особое влияние на результат обработки оказывает напряжение, которое отвечает за температуру, и состав электролита, выбор которой зависит от метода насыщения поверхностного слоя металла (на катоде или на аноде) [4,5].

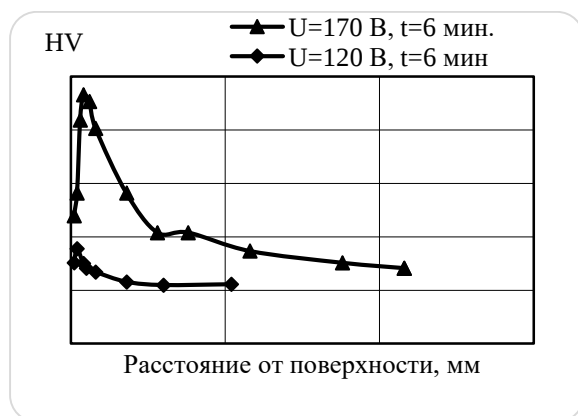
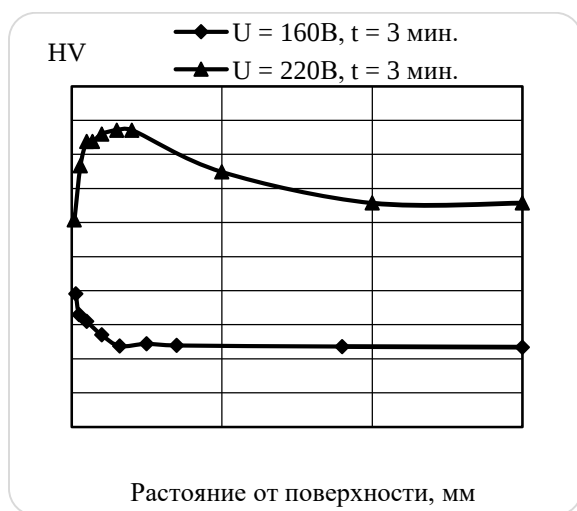


Рис. 3 – График изменения микротвёрдости (HV) по глубине азотированного слоя стали ХВГ в зависимости от режимов ЭПА



Список литературы

1. Ворошнин Л.Г., Менделеева О.Л., Сметкин В.А. Теория и технология химико-термической обработки. Учебное пособие – Минск: Новое знание – 2010. — 304 с.
2. Будилов В.В. Исследование процессов ионно-плазменного азотирования [Текст] / В.В. Будилов, Р.Д. Агзамов, К.Н. Рамазанов // ОТТОМ - 5: материалы международной конференции. - Харьков, - 2004, - С. 48-56.
3. Гаврилов Н.В. [Азотирование нержавеющей стали в плазме импульсного электронного пучка](#) / Н.В. Гаврилов, А.С. Мамаев, А.В. Чукин. [Письма в Журнал технической физики](#). 2016. Т. 42. № 9. С. 97-104.
4. Плазменно-электролитическое модифицирование поверхности металлов и сплавов. Том 1 : монография / И. В. Суминов, П. Н. Белкин, А. В. Эпельфельд [и др.]. — Москва : Техносфера, 2011. — 464 с.
5. Белкин П. Н. Теплофизические особенности анодного нагрева в водных электролитах // Материалы II Международной научно-технической конференции «Электрохимические и электролитно-плазменные методы модификации металлических поверхностей». Кострома: КГУ им. Н. А. Некрасова; М.: ИЦ «МАТИ»–РГТУ им. К. Э. Циолковского, 2007. С. 175–189.
6. Nie, X. Characteristics of a plasma electrolytic nitrocarburising treatment for stainless steels / X. Nie, C. Tsotsos, A. Wilson et al. // Surface and Coatings Technology. – 2001. – V. 39. – No 2–3. – P. 135–142.

Рис. 4 – График изменения микротвёрдости (HV) по глубине азотированного слоя стали 40Х в зависимости от режимов ЭПА

Из рис. 3 следует, что при напряжении 170В микротвёрдость поверхностного слоя существенно выше по сравнению с напряжением 120В. Это объясняется тем, что при увеличении напряжения увеличивается температура нагрева во время обработки. В диапазоне 0 до 0,2 наблюдается резкое изменение микротвёрдости, которое связано с образованием окисным слоем.

Из рис. 4 так же можно убедиться в значительном преимуществе повышенного напряжения. При проведении опытов со сталью 40Х измерялась температура внутри образца при помощи термопары, вставленной при помощи глухое отверстие (см. рис. 1) Установлено, что при напряжении 160В температура достигала 650°С, а при 220В - 710°С. При электролитно-плазменном азотировании стали 40Х с напряжением 220В, помимо увеличения азотированного слоя, происходит так же закалка поверхностного слоя на глубину более 2 мм.

5. Заключение

Исследуя влияние режимов, в электролите из водного раствора, содержащего 11% хлорида и нитрата аммония, преимущественным фактором для повышения микротвёрдости поверхностного слоя сталей ХВГ и 40Х является напряжение, так как от напряжения напрямую зависит температура нагрева во время обработки. Это подтверждается полученным уравнением регрессии полного факторного эксперимента.

7. Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. М.: Машиностроение, 1981 – 184 с., ил.

References

1. Voroshnin L.G., Mendeleyeva O.L., Smetkin V.A. Teoriya i tekhnologiya khimiko-termicheskoy obrabotki./ Uchebnoye posobiye – Minsk: Novoye znaniye – 2010. — 304 s.
2. Budilov V.V. Issledovaniye protsessov ionno-plazmennogo azotirovaniya [Tekst] / V.V. Budilov, R.D. Agza-mov, K.N. Ramazanov // OTTOM - 5: materialy mezhdunarodnoy konferentsii. - Kharkov. - 2004. - S. 48-56.
3. Gavrilov N.V. Azotirovaniye nerzhavayushchey stali v plazme impulsnogo elektronnoy puchka / N.V Gavrilov, A.S Mamayev, A.V Chukin. Pisma v Zhurnal tekhnicheskoy fiziki. 2016. T. 42. № 9. S. 97-104.
4. Plazmenno-elektroliticheskoye modifitsirovaniye poverkhnosti metallov i splavov. Tom 1 : monografiya / I. V. Suminov, P. N. Belkin, A. V. Epelfeld [i dr.]. — Moskva : Tekhnosfera. 2011. — 464 с.
5. Belkin P. N. Teplofizicheskiye osobennosti anodnogo nagreva v vodnykh elektrolitakh // Materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Elektrokhimicheskiye i elektrolitno-plazmennyye metody modifikatsii metallicheskih poverkhnostey». Kostroma: KGU im. N. A. Nekrasova; M.: ITs «MATI»–RGU im. K. E. Tsiolkovskogo. 2007. S. 175–189.
6. Nie, X. Characteristics of a plasma electrolytic nitrocarburising treatment for stainless steels / X. Nie, C. Tsotsos, A. Wilson et al. // Surface and Coatings Technology. – 2001. – V. 39. – No 2–3. – P. 135–142.
7. Spiridonov A.A. Planirovaniye eksperimenta pri issledovanii tekhnologicheskikh protsessov. M.: Mashinostroyeniye. 1981 – 184 s., il

УДК 621.923

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИБРАЦИОННОГО ПОЛЯ ДЛЯ ПОЛИРОВКИ ДЕТАЛЕЙ

П.В. Татанов¹, Д.А.Шнайдер², А.Р. Яньюшкин³

¹ ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», Московский проспект, д. 15 г. Чебоксары, Республика Чувашия, Российская федерация, 428015, e-mail: tatanov@list.ru

² ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», Московский проспект, д. 15 г. Чебоксары, Республика Чувашия, Российская федерация, 428015, e-mail: dmitrij.schneider@hotmail.com

³ ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», Площадь Ленина, д. 3 г. Йошкар-Ола, Республика Марий-Эл, Российская федерация, 424000, e-mail: andreyayushkin@mail.ru

Аннотация.

Научно технический прогресс влечет за собой появление новых сфер потребления. При этом техника постоянно совершенствуется и обновляется. В таких условиях изделия выпускаются массово. При увеличении объемов производства продукции необходимо уделять особое внимание качеству. Изделие должно оставаться на прежнем уровне. Это достигается, как и ЧПУ обработкой, так и применением сложной технологической оснастки (пресс-формы, штампы, кондукторы и др.) на разных уровнях. После данных операций на деталях могут оставаться заусенцы, царапины и другие следы от предыдущих операций. Вопрос по достижению необходимых параметров, предъявляемых к внешнему виду изделия, может многих производителей поставить в тупик. Ручная обработка поверхностей – процесс долгий и недостаточно надежный. Технология полировки крупно серийных деталей возможна только при помощи механизации процесса. В данной статье раскрыты проблемы, возникающие во время обработки деталей вручную и при помощи ручного шлифовального инструмента. Особую эффективность имеет применение вибрационного поля во время финишных операций. Применение многоэтапного метода вибрационной полировки с применением абразивных камней (пирамидок) с разной степенью зернистости позволяет значительно масштабировать технологический процесс и исключить многие дефекты.

Ключевые слова: абразивные камни, точность обработки, чистота поверхности, виброгалтование, вибрационное поле, шероховатость, дефекты полировки.

USING THE VIBRATION FIELD FOR POLISHING PARTS

P.V. Tatanov ¹, D.A. Schneider ², A.R. Yanushkin ³

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "I.N. Ulyanov Chuvash State University", Moskovsky Prospekt, 15 Cheboksary, Republic of Chuvashia, Russian Federation, 428015, e-mail: tatanov@list.ru

² Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "I.N. Ulyanov Chuvash State University", Moskovsky Prospekt, 15 Cheboksary, Republic of Chuvashia, Russian Federation, 428015, e-mail: dmitrij.schneider@hotmail.com

³ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Volga State Technological University", Lenin Square, 3, Yoshkar-Ola, Republic of Mari El, Russian Federation, 424000, e-mail: andreyvayushkin@mail.ru

Annotation

Scientific and technological progress entails the emergence of new areas of consumption. At the same time, technology is constantly being improved and updated. In such conditions, products are mass-produced. With the increase in production volumes, it is necessary to pay special attention to quality. The product must remain the same. This is achieved both by CNC processing and the use of complex technological equipment (molds, dies, conductors, etc.) at different levels. After these operations, burrs, scratches and other traces from previous operations may remain on the parts. The question of achieving the necessary parameters for the appearance of the product can confuse many manufacturers. Manual surface treatment is a long and not reliable process. The technology of polishing large-scale parts is possible only with the help of mechanization of the process. This article reveals the problems that arise during the processing of parts manually and with the help of hand grinding tools. The use of a vibration field during finishing operations is especially effective. The use of a multi-stage method of vibration polishing with the use of abrasive stones (pyramids) with varying degrees of grain size allows you to significantly scale the process and eliminate many defects.

Keywords: abrasive stones, machining accuracy, surface finish, vibrotumbling, vibration field, roughness, polishing defects

1. Введение

Мировая глобализация, а вместе с ней и повышение уровня потребления порождает увеличение производства как бытовых, так и промышленных изделий. Увеличение числа производимых деталей накладывает на технологию особые трудности. Для обеспечения собираемости изделий приходится «ужимать» допуски на исполняемые размеры. А обыкновенная зачистка деталей от заусенцев, стружки, окалин и подобных вещей может вызвать очередную головную боль цехового технолога. Ручная зачистка становится не только «узким местом» в технологическом цикле, но и зачастую является неподконтрольным и снижающим качество процессом. А если при изготовлении деталей таких операций несколько, то вероятность получения качественной продукции резко снижается.

Как быть в такой ситуации? Тема достижения точности при различных способах обработки неоднократно рассматривалась многими учеными [1-3]. Для начала нужно понять каким образом достигается точность изготовления и на каких операциях

необходимо применять меры по улучшению технологического процесса. Нами изучены разные способы обработки деталей. Результаты исследования по способам достижения точности и шероховатости представлены в таблице 1.

В таблице желтым цветом обозначена оптимальная область обработки, в плане точности и трудозатрат. Зеленым цветом ограничена область эстетического восприятия поверхности. Красная зона является границей черновой обработки. Как видно из таблицы современные станки с ЧПУ обработкой уже давно перешли из оптимальной зоны в зону повышенного качества обработки поверхности. Однако, они еще не способны выдавать даже крупной серии. Пресс-формы и штампы позволяют наладить производство массового продукта. Если в пресс-формах качество поверхностей деталей достигается полировкой формообразующих, то в штампах невозможно исключить образование заусенца, потертостей и других дефектов. Ручной способ не целесообразен. Галтовка достаточно долгий и шумный процесс.

Таблица 1. Шероховатость поверхности при механических методах обработки

7. Шероховатость поверхности при механических методах обработки															
Поверхности обработки	Методы обработки		Параметры шероховатости, Ra, мкм												
			50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8-0,6	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025	0,012
Наружные цилиндрические	Обтачивание	Черновое	+	+	+	+									
		Чистовое			+	+	+	+	+						
		Тонкое							+	+	+				
	Шлифование	Черновое						+	+						
		Чистовое								+	+				
		Тонкое									+	+			
	Притирка	Грубая								+	+				
		Средняя									+	+			
		Тонкая										+	+	+	+
	Отделка абразивным полотном									+	+	+	+		
	Электроэрозионная обработка									+					
Обкатывание роликом										+	+	+			
Шлифование-отделка (суперфиниширование). Слесарная полировка												+	+	+	
Внутренние цилиндрические	Растачивание	Черновое	+	+	+	+									
		Чистовое				+	+	+	+						
		Тонкое							+	+	+				
	Сверление				+	+	+								
	Зенкерование	Черновое (по корке)			+	+	+								
		Чистовое				+	+	+	+						
	Развертывание	Нормальное							+	+					
		Точное								+	+				
		Тонкое									+	+			
	Протягивание								+	+	+	+			
	Внутреннее шлифование	Черновое							+	+					
		Чистовое								+	+	+			
	Электроэрозионная обработка								+						
	Калибрование шариком										+	+	+		
	Притирка	Грубая								+	+				
		Средняя									+	+			
		Тонкая										+	+	+	
Шлифование-притирка (хонингование). Слесарная полировка	Нормальное								+	+	+				
	Зеркальное											+	+	+	
Плоскости	Строгание	Черновое	+	+	+	+									
		Чистовое			+	+	+	+	+						
		Тонкое							+	+					
	Цилиндрическое фрезерование	Черновое		+	+	+	+								
		Чистовое					+	+	+						
		Тонкое						+	+	+					
	Торцовое фрезерование	Черновое		+	+	+	+								
		Чистовое					+	+	+						
		Тонкое							+	+					

2.3. Дефекты механической обработки [6...8].

- Долгое нахождение заготовки в диэлектрической среде (вода) во время электроэрозионной вырезки может вызвать нежелательную коррозию металла. В данном случае в диэлектрик рекомендуется добавлять антикоррозионные добавки.
- Плохое удаление отходов во время электроэрозионной обработки. При этом возникают прижоги и(или) каверны. Причиной является электропроводность шлама.
- Питтинг (микро и макрокаверны) связанный с неверной последовательностью достижения точности в технологическом маршруте обработки. Могут оставаться макродефекты от предыдущих операций.
- Прижоги во время шлифовки и(или) неверные режимы лезвийной обработки, перегревающие заготовку.
- Отсутствие отпуска после механической и электроэрозионной обработки для снятия внутренних напряжений.
- Нарушение технологий полировки. Это избыточная полировка, неверно подобранный инструмент. Так же плохая промывка деталей или ее отсутствие могут оставлять крупные частички полировальной пасты с предыдущего перехода полировки. «Белый слой» после электроэрозионной обработки (Рис. 3).

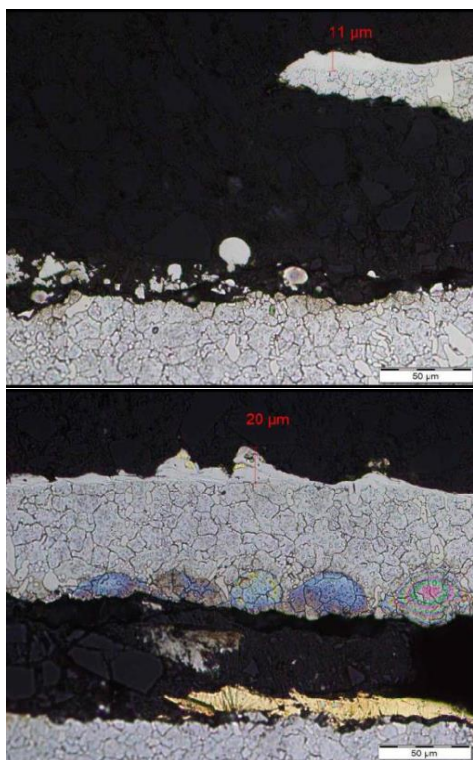


Рис. 3

2.4. Неправильное хранение заготовок и эксплуатации оборудования, при котором возможна коррозия металла

- Хранение плохо просушенных деталей
- Вовремя ненанесенная консервационная смазка
- Выделение агрессивных паров во время переработки пластмассы (выделение HCl при переработке ПВХ).
- Незаземленное оборудование. При этом образуются гальванические пары между деталью и станком вызывающие взаимную коррозию.
- Неверное сочетание материалов, образующих гальванические пары. Например, Al-Cu.

Решением проблемы является применение комбинированных методов обработки [9...14]. Если на процесс галтования, когда одна деталь чистит другую, наложить вибрационное поле, то процесс ускоряется на порядок, за счет резкого увеличения частоты контактов деталей друг с другом. Применение абразивных камней различной зернистости (от 200 мкм до 1800 мкм) и абразивных паст позволяет на деталях получать шероховатость любого значения рис. 4. При этом многие дефекты возникающих при механической и ручной полировке исчезают. На рис. 5 изображена схема данного технологического процесса.



Рис. 4 – Абразивные камни

В отличие от традиционной галтовки во вращающихся барабанах, уровень шума при виброгалтовании значительно ниже. С ее помощью можно зачищать детали от окалины, заусенцев, следов коррозии, облоя, литьевых выступов и грязи рис. 6.

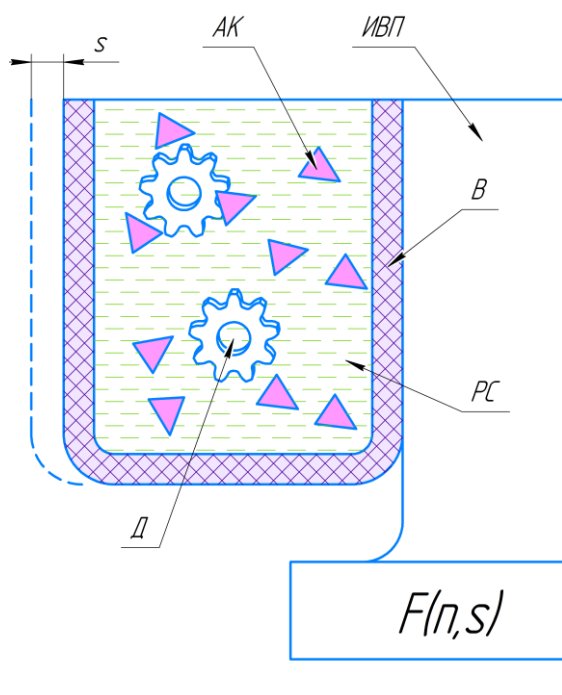


Рис. 5 – Схема вибращлифования,

где:

АК – абразивный камень;

РС – рабочая среда (вода, масло, абразивная паста);

Д – обрабатываемая деталь;

В – ванна, выполненная из износостойкой резины или полиуретана

ИВП - источник вибрационного поля с параметрами $F(n,s)$

n – частота колебаний

s – амплитуда колебаний



Рис. 6 – Виброгалтовочные ванны

В качестве примера, можно привести опыт российского предприятия ООО ПП «КИЗЛЯР». Здесь ведется работа по восстановлению местных народных промыслов. Ежедневно производится обработка сотен металлических изделий, требующих качественную поверхность. Полировка вручную при таких объемах невозможна. Для получения товарного вида заготовка проходит три стадии обработки в вибро-ваннах с разными средами. На выходе получается зеркальная поверхность.

3. Выводы

3.1. Для качественной ручной полировки следует соблюдать следующие правила:

- Абразивные частицы и смазка предыдущего этапа полировки должны быть полностью удалены. После каждого шага полировки необходимо очищать не только поверхность, но и руки (спрей на основе спирта).
- Каждый полировочный инструмент должен быть использован только для одной марки пасты и храниться в пыленепроницаемых контейнерах.
- Время на черновую доводку должно быть больше, чем на окончательную полировку.
- Паста должна наноситься на инструмент при ручной полировке, в то время как при машинной полировке, пасты следует наносить на заготовку.
- Давление полировки должно быть с поправкой на твердость инструмента и марку алмазной пасты. Для самых мелких размеров зерна, давление должно быть - только вес полировочного инструмента.
- Полировка должна всегда начинаться в углах, радиусах, галтелях и т.п.,
- Для сохранения острых кромок необходимо использовать ограничительные оправки или припуск на полировку по плоскости смыкания формы. При окончании полировки он удаляется шлифовкой.
- При переходе на следующий, более тонкий размер зерна, рекомендуется направление шлифования изменять на 45° . Это просто и чрезвычайно эффективно: увеличивает удаление остатков, облегчает обнаружить царапины от предыдущего шага, улучшить размерность и точность. Последовательность движений необходимо подобрать так, чтобы все сегменты поверхности обрабатывались одинаково. Вращающийся инструмент дает риск того, что край цилиндрической оправки снимает больше материала, чем в центре.
- Завершающий этап полировки следует проводить в направлении разъема пресс-формы.

3.2. Использование комбинированных методов полирования с применением вибрационного поля позволяет:

- масштабировать процессы производства.
 - Ускорить процесс обработки.
 - Получать детали одинакового качества, исключая человеческий фактор.
- Значительно уменьшает долю ручного труда.

Список литературы

1. Татанов П.В., Янюшкин А.Р., Шнайдер Д. А., Янюшкин А.С. «Опыт электроэрозионного фрезерования на АО «Чебоксарский электроаппаратный завод»» // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2021. – Т. 8. – № 3-4. – С. 57-62.
2. Янюшкин А. Р., Лобанов Д. В., Татанов П. В., «Совершенствование процесса электроалмазного шлифования» // Электрофизические методы обработки в современной промышленности: Материалы IV Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Пермь, 14–15 декабря 2020 года. – Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2021. – С. 144-148.
3. Татанов П.В., Янюшкин А.Р., Шеров К.Т., Янюшкин А.С., «Использование вторичного ресурса твердосплавных сменных многогранных пластин в металлообработке» // Наука и техника Казахстана. – 2021. – № 1. – С. 85-96. – DOI 10.48081/QEYA2314.
4. Татанов П.В., Янюшкин А.Р., Шнайдер Д. А., Янюшкин А.С. «Влияние орбитального движения электрода на точность электроэрозионной обработки» / П. В. Татанов, А. Р. Янюшкин, Д. А. Шнайдер, А. С. Янюшкин // iPolytech Journal. – 2021. – Т. 25. – № 5(160). – С. 559-567. – DOI 10.21285/1814-3520-2021-5-559-567.
5. В.Д. Садовский, Е.А. Фокина «Остаточный аустенит в закаленной стали» - 1986. С.
6. Н. Nakagawa, Т. Miyazaki. Effect of retained austenite on the microstructure and mechanical properties of martensitic precipitation hardening stainless steel// Department of Materials Science and Engineering, Nagoya Institute of Technology, Nagoya 466-8555, Japan// т.28 №34 1999 г. с.3901-3908.
7. Янюшкин А.С., Медведева О.И., Архипов П.В., Попов В.Ю. Механизм образования защитных пленок на алмазных кругах с металлической связкой. Системы. Методы. Технологии. 2010. № 1 (5). С. 132-138.
8. Янюшкин А.С., Попов В.Ю., Медведева О.И., Ковалевский С.В., Рычков Д.А. Электроалмазная обработка высокопрочных материалов с нанесением защитных покрытий. Системы. Методы. Технологии. 2013. № 3 (19). С. 125-129.
9. Попов В.Ю., Янюшкин А.С. Формирование поверхностного слоя режущего инструмента при алмазной обработке кругами на металлической связке. Решетневские чтения. 2014. Т. 1. С. 306-308.
10. Лобанов Д.В., Янюшкин А.С., Рычков Д.А., Петров Н.П. Организация инструментального хозяйства при обработке композиционных материалов. СТИН. 2010. № 11. С. 2-4.
11. Янюшкин А.С., Рычков Д.А., Лобанов Д.В., Петров Н.П. Методика формирования базы данных режущих инструментов. Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2013. Т. 1. С. 143-146.
12. Янюшкин А.С., Попов В.Ю. Шероховатость поверхности после шлифования по методу двойного травления. Объединенный научный журнал. 2002. № 21. С. 65-67.
13. Рычков Д.А., Скрипняк В.А., Янюшкин А.С., Лобанов Д.В. Разработка технологии подготовки режущего инструмента для обработки слоистых композиционных материалов. Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2014. № 2 (63). С. 6-13.
14. Popov V.Yu., Yanyushkin A.S. Combined electro-diamond grinding of high speed steels. International Journal of Advances in Machining and Forming Operations. 2012. Т. 4. № 1. С. 91-102.

References

1. Tatanov P.V., Yanyushkin A.R., Schneider D.A., Yanyushkin A.S. "Experience of EDM milling at JSC "Cheboksary Electrical Appliance Plant"" // Actual problems in mechanical engineering. - 2021. - T. 8. - No. 3-4. - S. 57-62.
2. Yanyushkin A. R., Lobanov D. V., Tatanov P. V., "Improvement of the electro-diamond grinding process" // Electrophysical methods of processing in modern industry: Proceedings of the IV International scientific and practical conference of young scientists, graduate students and students, Perm , December 14–15, 2020. - Perm: Perm National Research Polytechnic University, 2021. - P. 144-148.
3. Tatanov P.V., Yanyushkin A.R., Sherov K.T., Yanyushkin A.S., "Use of the secondary resource of hard-alloy replaceable multifaceted plates in metalworking" // Science and technology of Kazakhstan. - 2021. - No. 1. - P. 85-96. – DOI 10.48081/QEYA2314.
4. Tatanov P.V., Yanyushkin A.R., Shnaider D.A., Yanyushkin A.S. Tatanov P. V., Yanyushkin A. R., Schneider D. A., Yanyushkin A. S. "Influence of the orbital movement of the electrode on the accuracy of electroerosive machining" // iPolytech Journal. - 2021. - T. 25. - No. 5 (160). - S. 559-567. – DOI 10.21285/1814-3520-2021-5-559-567.
5. V.D. Sadovsky, E.A. Fokin "Residual austenite in hardened steel" - 1986. S.
6. H. Nakagawa, T. Miyazaki. Effect of retained austenite on the microstructure and mechanical properties of martensitic precipitation hardening stainless steel// Department of Materials Science and Engineering, Nagoya Institute of Technology, Nagoya 466-8555, Japan// т.28 №34 1999 г. с.3901-3908.
7. Yanyushkin A.S., Medvedeva O.I., Arkhipov P.V., Popov V.Yu. The mechanism of formation of protective films on diamond wheels with a metal bond. Systems. Methods. Technology. 2010. No. 1 (5). pp. 132-138.
8. Yanyushkin A.S., Popov V.Yu., Medvedeva O.I., Kovalevsky S.V., Rychkov D.A. Electrodiamond machining of high-strength materials with the application of protective coatings. Systems. Methods. Technology. 2013. No. 3 (19). pp. 125-129.
9. Popov V.Yu., Yanyushkin A.S. Formation of the surface layer of the cutting tool during diamond processing with circles on a metal bond. Reshetnev readings. 2014. V. 1. S. 306-308.

10. Lobanov D.V., Yanyushkin A.S., Rychkov D.A., Petrov N.P. Organization of tool facilities in the processing of composite materials. STIN. 2010. No. 11. S. 2-4.
11. Yanyushkin A.S., Rychkov D.A., Lobanov D.V., Petrov N.P. Method of forming a database of cutting tools. Proceedings of the Bratsk State University. Series: Natural and engineering sciences. 2013. V. 1. S. 143-146.
12. Yanyushkin A.S., Popov V.Yu. Surface roughness after grinding by the double etching method. United Scientific Journal. 2002. No. 21. S. 65-67.
13. Rychkov D.A., Skripnyak V.A., Yanyushkin A.S., Lobanov D.V. Development of cutting tool preparation technology for processing layered composite materials. Processing of metals (technology, equipment, tools). 2014. No. 2 (63). pp. 6-13.
14. Popov V.Yu., Yanyushkin A.S. Combined electro-diamond grinding of high speed steels. International Journal of Advances in Machining and Forming Operations. 2012. T. 4. № 1. C. 91-102.

УДК 62-112.9

КОМПОНОВКА И КИНЕМАТИКА НА ОСНОВЕ МЕХАНИЗМОВ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ (МПС) РЕЗЬБОНАРЕЗНЫХ СТАНКОВ ДЛЯ МЕЛКОРАЗМЕРНЫХ ОТВЕРСТИЙ

И.В. Тищенко¹, А. О. Харченко²

¹ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053, e-mail: dragonname2000@mail.ru

² ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053, e-mail: khao@list.ru

Аннотация

В статье приведены результаты анализа и опыта применения механизмов параллельной структуры (МПС) для создания компоновок резбонарезных станков для высокопроизводительного получения точных мелкоразмерных внутренних резьб. Применение МПС в компоновках металлорежущих станков позволяет повысить точность перемещений исполнительного органа, жесткость и надёжность конструкции. В Севастопольском государственном университете (СевГУ) на основе структурно-компоновочного синтеза выявлен наиболее рациональный вариант резбонарезного станка с комбинированным МПС с возможностью одновременного изменения длины штанг и координат опорных шарниров – дельта-глайд-под (комбинация дельта-глайда и дельта-пода). Гибридная компоновка резбонарезного станка с МПС и шестипозиционной револьверной головкой создана на основе морфологического анализа и структурно-компоновочного синтеза с последующей оптимизацией по критерию надёжности и экономической эффективности. Резбонарезная головка включает собранные последовательно функциональные блоки – силовой цилиндр, механизм преобразования поступательного движения штока во вращательное, ступенчатый мультипликатор и револьверную шестипозиционную головку, в корпусе которой расположены шесть ведомых шпинделей с копирными гайками. Конструкция силовой револьверной головки имеет аналогичный одношпиндельному станку привод и состоит из собранных последовательно функциональных блоков – силового цилиндра, механизма преобразования поступательного движения во вращательное, мультипликатора, револьверной головки и пульта управления. Для управления длиной хода и реверсирования шпинделей в блоке установлена линейка магнитоуправляемых контактов с постоянным магнитом, закрепленным на одной из подвижных частей. Проведенные исследования подтверждают целесообразность использования МПС в компоновках резбонарезных станков для обработки отверстий малых диаметров.

Ключевые слова: резбонарезной станок, механизмы параллельной структуры (МПС), гибридная компоновка, резбонарезная головка, револьверная шестипозиционная головка, силовой цилиндр, мультипликатор.

LAYOUT AND KINEMATICS BASED ON PARALLEL STRUCTURE MECHANISMS (PSM) OF THREADING MACHINES FOR SMALL HOLES

I.V. Tishchenko¹, A.O. Kharchenko²

¹FSAEI HE Sevastopol State University, st. University, 33, Sevastopol, Russian Federation, 299053, e-mail: dragonname2000@mail.ru

² FSAEI HE Sevastopol State University, st. University, 33, Sevastopol, Russian Federation, 299053, e-mail: khao@list.ru

Abstract

The article presents the results of the analysis and experience of using parallel structure mechanisms (PSM) to create layouts of thread-cutting machines for high-performance production of accurate small-sized internal threads. The use of PSM in the layouts of metal-cutting machine tools makes it possible to increase the accuracy of movement of the executive body, the rigidity and reliability of the structure. At Sevastopol State University (SevSU), on the basis of structural-layout synthesis, the most rational version of a thread-cutting machine with a combined PSM with the possibility of simultaneously changing the length of the rods and the coordinates of the support hinges - delta-glide-under (combination of delta-glide and delta-pod) was identified. The hybrid layout of a thread-cutting machine with PSM and a six-position turret was created on the basis of morphological analysis and structural-layout synthesis, followed by optimization according to the criterion of reliability and economic efficiency. The thread-cutting head includes sequentially assembled functional blocks - a power cylinder, a mechanism for converting the translational movement of the rod into rotational, a stepped multiplier and a six-position turret, in the body of which there are six driven spindles with copy nuts. The design of the power turret has a drive similar to a single-spindle machine and consists of functional blocks assembled in series - a power cylinder, a mechanism for converting translational motion into rotational, a multiplier, a turret and a control panel. To control the stroke length and reversal of the spindles, a line of magnetically controlled contacts with a permanent magnet fixed on one of the moving parts is installed in the block. The conducted studies confirm the expediency of using MPS in the configurations of thread-cutting machines for processing holes of small diameters.

Keywords: threading machine, parallel structure mechanisms (PSM), hybrid layout, threading head, six-position turret, power cylinder, multiplier.

1. Введение

Тенденция стремительного развития различных областей науки и техники является стимулом к совершенствованию средств производства в машиностроении.

Повышение требований к качеству изделий, усложнение геометрии, повышение производительности и снижение себестоимости создают необходимость применения прогрессивных методов обработки, передовых достижений в области станкостроения для создания прогрессивного технологического оборудования.

Перспективной тенденцией развития станков является оснащение кинематических цепей каждого из формообразующих движений собственным приводом (шаговые электродвигатели, цифровые пневмо- или гидродвигатели), а также расширение технологических возможностей оборудования с механизмами параллельной структуры (МПС) благодаря использованию модульного принципа построения компоновок.

В современных научно-технических источниках приводится значительное количество работ, посвященных конструктивному усовершенствованию и выбору оптимальных геометрических

параметров структур станков на основе МПС [1-5], однако проблема создания резбонарезного станочного оборудования повышенной точности на основе МПС до настоящего времени не рассматривалась и недостаточно изучена.

Цель исследования: проанализировать опыт применения механизмов параллельной структуры для создания компоновок резбонарезных станков с МПС для высокопроизводительного получения точных мелкоразмерных внутренних резьб.

Объект исследования: резбонарезные станки для мелкоразмерных отверстий.

Предмет исследования: компоновка и кинематика резбонарезных станков на основе механизмов параллельной структуры.

Задачи исследования:

- изучить опыт применения механизма параллельных структур в компоновках резбонарезных станков для мелкоразмерных отверстий;
- оценить полученные данные;
- сделать вывод о возможности применения механизма параллельных структур в компоновках резбонарезных станков для мелкоразмерных отверстий.

Учитывая вышесказанное, задача создания резьбонарезного станка с МПС для высокопроизводительного получения точных мелкоразмерных внутренних резьб является весьма актуальной.

2. Основная часть

Совершенствование конструкций современных металлорежущих станков прежде всего ставит целью обеспечение требуемого качества обрабатываемых изделий. При этом современное производство должно соответствовать таким требованиям, как быстрая переналадка, гибкость и многономенклатурность.

Достичь этого возможно путём модернизации компоновок и кинематики металлорежущих станков.

До начала XXI века формообразующие движения исполнительных органов станков осуществлялись в основном через кинематические цепи последовательного типа. Однако ещё в середине XX века уже стали появляться первые прототипы механизмов, состоящих из неподвижного основания и подвижного исполнительного органа (платформа Гью-Стюарта и др.) [1], где все перемещения обеспечивались несколькими независимыми кинематическими цепями. В дальнейшем механизмы данного вида получили название механизмов параллельной структуры (МПС).

Применение МПС в компоновках металлорежущих станков позволяет повысить точность перемещений исполнительного органа, жесткость и надёжность конструкции [1-3].

В настоящее время среди резьбонарезных станков в большей степени преобладают модели с последовательной кинематикой.

В наиболее перспективной конструкции инструментальная головка с приводом главного движения установлена на подвижных штангах. Каждая пара штанг образует вращательную или поступательную кинематическую пару и приводится в движение электромеханическим, пневматическим или гидравлическим приводом. Пример такой конструкции резьбонарезного станка фирмы Palmgren представлен на рис. 1 [1].



Рис. 1 – Резьбонарезной станок фирмы Palmgren

В зависимости от структуры механизма исполнительное звено в станках данной конструкции может иметь от 3-х до 6-ти степеней свободы. Это позволяет выполнять обработку отверстий в деталях как простой, так и сложной формы в различных положениях.

Также перспективным решением с использованием МПС является резьбонарезной станок фирмы SigmaTau [3]. По конструкции он представляет собой инструментальную головку, к которой сферическими шарнирами крепятся штанги переменной длины. Каждая из штанг соединена с подвижной платформой. Данная конструкция носит название «Триглайд» (рис. 2).

Возможно также использование станков с манипуляторами типа «дельта», «трипод» и др.

Каждая из приведённых конструкций имеет как сильные, так и слабые стороны.

Вариант с последовательной кинематикой проще в изготовлении, дешевле в обслуживании. В единичном, мелкосерийном и среднесерийном производствах такие станки при умеренных затратах способны обеспечить требуемое качество обрабатываемых изделий.



Рис. 2 – Резьбонарезной станок фирмы SigmaTau

Однако в крупносерийном и особенно в массовом производстве станки с параллельной кинематикой за счёт более высокой надёжности и повторяемости обеспечивают лучшее качество при изготовлении больших по объёму партий изделий. Станки с компоновкой «триаглайд» и «дельта» также могут быть встроены в автоматические линии.

В Севастопольском государственном университете (СевГУ) на основе структурно-компоновочного синтеза выявлен наиболее рациональный вариант резбонарезного станка с комбинированным МПС с возможностью одновременного изменения длины штанг и координат опорных шарниров – дельта-глайд-под (комбинация дельта-глайда и дельта-пода) (рис. 3) [6].

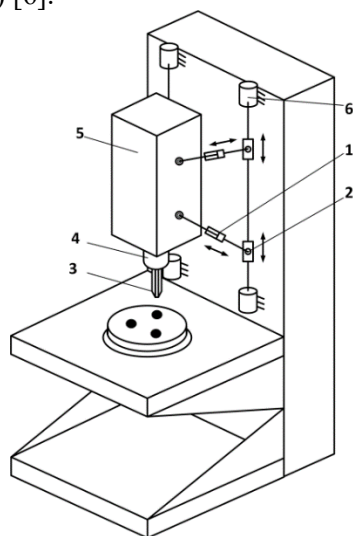
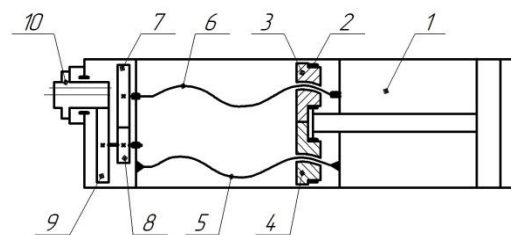


Рис. 3 – Компоновка резбонарезного станка с комбинированным МПС

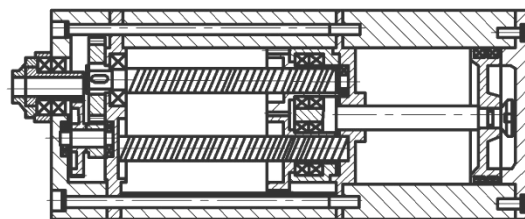
При изменении длин кинематических звеньев – штанг 1 и координат опорных шарниров 2 инструмент – метчик 3, размещенный в шпинделе 4 резбонарезной головки 5, может занимать различные вертикальные и угловые положения, совмещаясь с осью обрабатываемого отверстия, в зависимости от конфигурации детали. Каждое кинематическое звено механизма, выполненное в виде штанги переменной длины 1, имеет также приводы поступательного действия 6 (гидро-, пневмопривод или шаговый электропривод) для перемещения опорных шарниров 2.

Гибридная компоновка резбонарезного станка с комбинированным МПС сохраняет функции наиболее ответственных формообразующих движений за резбонарезной головкой (как в классическом варианте), а функции вспомогательных и установочных перемещений – за МПС.

Кинематическая схема (а) и конструкция (б) резбонарезной головки с пневмоприводом для такого станка представлена на рис. 4. Поршень 1 пневмоцилиндра связан с планкой 2, в которой с возможностью вращения установлены зубчатые колеса 3 и 4, находящиеся в зацеплении между собой. Ступицы указанных колес выполнены в виде гаек, взаимодействующих с расположенными в них соответствующими ходовыми винтами 5 и 6, один из которых (5) закреплен в корпусе неподвижно, а другой (6) – установлен с возможностью вращения. От винта 6 вращение посредством зубчатых колес 7, 8 и 9 передается на приводную втулку 10. При перемещении поршня 1 с планкой 2 влево колесо 4 перемещается по винтовой линии неподвижного ходового винта 5, вращая колесо 3, а вместе с ним и ходовой винт 6. При этом ходовой винт 6 получает вращение при поступательном перемещении колеса 3, передавая суммарное количество оборотов зубатым колесам 7, 8, 9 и приводной втулке 10 с инструментом.



а



б

Рис. 4 – Унифицированная резбонарезная головка резбонарезного станка:

а – кинематическая схема;

б – общий вид

Гибридная компоновка резбонарезного станка с МПС (рис. 5) создана на основе морфологического анализа и структурно-компоновочного синтеза с последующей оптимизацией по критерию надежности и экономической эффективности. Станок содержит шестипозиционную резбонарезную головку 1 – законченный силовой модуль [7], осуществляющий вращательное и

поступательное перемещение шпинделя с инструментом. Резьбонарезная головка включает собранные последовательно функциональные блоки – силовой цилиндр, механизм преобразования поступательного движения штока во вращательное, ступенчатый мультипликатор и револьверную шестипозиционную головку 2 [8], в корпусе которой расположены шесть ведомых шпинделей с копирными гайками (шаг копирной резьбы соответственно – 0,4, 0,45, 0,5, 0,7, 0,8 и 1,0 мм).

В осевом пазу шпинделя, находящегося в рабочей позиции, помещен приводной элемент. В шпинделях револьверной головки устанавливаются метчики, шаг резьбы которых соответствует шагу резьбы пар шпиндель-копирная гайка. На револьверной головке выполнен пульт 3, резьбонарезная головка 1 связана через силовой цилиндр магистралью 4 с пневмооборудованием (условно не показано), расположенным в станине 5. В верхней части указанной станины установлены приводы 6 перемещения опорных шарниров 7, связанных посредством штанг переменной длины 8 через шарниры 9 с резьбонарезной головкой 1.

Здесь также использован новый вариант резьбонарезного станка с комбинированным МПС (дельта-глайд-под) [6], позволяющий при изменении длин штанг 8 и координат опорных шарниров 7 от приводов 6 занимать различные горизонтальные, вертикальные и угловые положения, совмещаясь с осью обрабатываемого отверстия в зависимости от конфигурации детали.

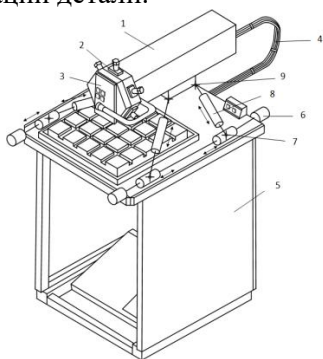


Рис. 5 – Резьбонарезной станок с револьверной головкой и МПС

Конструкция силовой револьверной головки (рис. 6) [8] имеет привод, аналогичный приводу одношпиндельного станка (рис. 4) и состоит из соединенных последовательно функциональных блоков – силового цилиндра 1, механизма преобразования 2 поступательного движения во вращательное, мультипликатора 3, револьверной головки 4 и пульта управления 5.

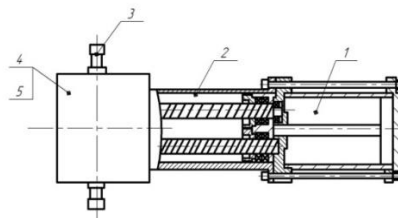


Рис. 6 – Шестипозиционная резьбонарезная головка станка

Для управления длиной хода и реверсирование шпинделей в блоке 2 установлена линейка магнитоуправляемых контактов (герконов) с постоянным магнитом, закрепленным на одной из подвижных частей. Расстояние между герконами определяется величинами выхода инструмента соответственно на 10, 11, 12, ..., 30 шагов нарезаемой резьбы.

3. Заключение

Использование комбинированных устройств на основе сочетания признаков и преимуществ «глайда» и «пода» открывает возможности создания новых гибридных компоновок резьбонарезных станков с комбинированными МПС для выполнения задач качественной мелкоразмерной резьбообработки деталей и существенного расширения технологических возможностей. Повышение надёжности, жёсткости конструкции позволяет обеспечивать выполнение растущих требований к качеству изделий. Использование пневматического привода в резьбонарезных станках обеспечивает высокое быстродействие, плавное регулирование скорости и крутящего момента на шпинделе, а также безопасность работы.

Всё это подтверждает целесообразность использования МПС в компоновках резьбонарезных станков для обработки отверстий малых диаметров.

Список литературы

1. Merlet J. P. Parallel Robots / J.P. Merlet. – Dodrecht: Springer, 2006. – 417 с.
2. Кузнецов, Ю.Н. Компоновка станков с механизмами параллельной структуры: Монография / Ю.Н. Кузнецов, Д.А. Дмитриев, Г.Е. Диневич. – Херсон: ЧП Вышемирский. – 2010. – 471 с.

3. Кузнецов, Ю.М. Технологічне обладнання с ЧПК: механізми і оснащення: навч. посібник / Ю.М. Кузнецов, О.Ф. Саленко, А.О. Харченко, В.Т. Щетинін. – Київ-Кременчук-Севастополь: Вид-во «Точка», 2014. – 500 с.
4. Харченко А.О. Анализ и синтез структур современных многооперационных станков: практикум / А.О. Харченко, С.М. Братан, Е.А. Владецкая, С.И. Рошупкин. – М.: Центркаталог, 2018. – 144 с.
5. Братан С.М. Повышение точности формообразования мелкоразмерных резьб метчиками в алюминиевых сплавах: монография / С.М. Братан, Ф.Н. Канареев, П.А. Новиков, А.О. Харченко. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2017. – 164 с.
6. Харченко, А. О., Харченко, А.А., Часовитина, А. С. Механизмы параллельных структур (МПС) в гибридных компоновках резьбонарезного оборудования / А.О. Харченко, А.А. Харченко, А. С. Часовитина // Вестник современных технологий. – 2021. – №2(22). – С. 33-38.
7. А.с. 1038123 SU Резьбонарезная головка / Ф.Н. Канареев, С.П. Машин. // Бюл. Открытия. Изобретения. – 1983. – №32.
8. А.с. 1049209 SU Револьверная головка резьбонарезного станка / Ф.Н. Канареев, А.О. Харченко и др. // Бюл. Открытия. Изобретения. –1983. – №39.

References

1. Merlet J. P. Parallel Robots / J.P. Merlet. – Dodrecht: Springer, 2006. – 417 с.
2. Kuznetsov, YU.N. Komponovka stankov s mekhanizmami parallel'noy struktury: Monografiya (*The layout of machines with mechanisms of parallel structure*) / YU.N. Kuznetsov, D.A. Dmitriyev, G.Ye. Dinevich. – Kherson: CHP Vyshemirskiy. – 2010. – 471 s.
3. Kuznetsov, YU.M. Tekhnolohichne obladnannya s CHPK: mekhanizmy i osnashchennya: navch. Posibnyk (*CNC technological equipment: mechanisms and equipment*) / YU.M. Kuznetsov, O.F. Salenko, A.O. Kharchenko, V.T. Shchetynin. – Kyiv-Kremenchuk-Sevastopol': Vyd-vo «Tochka», 2014. – 500 s.
4. Kharchenko A.O. Analiz i sintez struktur sovremennykh mnogooperatsionnykh stankov: praktikum (*Analysis and synthesis of the structures of modern multioperational machines: practical*) / A.O. Kharchenko, S.M. Bratan, Ye.A. Vladetskaya, S.I. Roshchupkin. – М.: Tsentrkatalog, 2018. – 144 s.
5. Bratan S.M. Povysheniye tochnosti formoobra-zovaniya melkorazmernykh rez'b metchikami v alyuminiyevykh splavakh: monografiya (*Improving the accuracy of forming small-sized threads with taps in aluminum alloys*) / S.M. Bratan, F.N. Kanareyev, P.A. Novikov, A.O. Kharchenko. – М.: Vuzovskiy uchebnik: INFRA-M, 2017. – 164 s.
6. Kharchenko, A. O., Kharchenko, A.A., Chasovitina, A. S. Mekhanizmy parallel'nykh struktur (MPS) v gibridnykh komponovkakh rez'bonareznogo oborudovaniya (*Mechanisms of parallel structures (PSM) in hybrid layouts of thread-cutting equipment*) / A.O. Kharchenko, A.A. Kharchenko, A. S. Chasovitina // Vestnik sovremennykh tekhnologiy. – 2021. – №2 (22). – S. 33-38.
7. А.с. 1038123 SU Rez'bonareznaya golovka (Thread-cutting head) / F.N. Kanareyev, S.P. Mashin. // Byul. Otkrytiya. Izobreteniya. –1983. – №32.4. Kharchenko A.O. Analiz i sintez struktur sovremennykh mnogooperatsionnykh stankov: praktikum (*Analysis and synthesis of the structures of modern multioperational machines*) / A.O. Kharchenko, S.M. Bratan, Ye.A. Vladetskaya, S.I. Roshchupkin. – М.: Tsentrkatalog, 2018. – 144 s.
8. А.с. 1049209 SU Revol'vernaya golovka rez'bonareznogo stanka (*Revolving head of a thread-cutting machine*) / F.N. Kanareyev, A.O. Kharchenko i dr. // Byul. Otkrytiya. Izobreteniya. –1983. – №39

УДК 551.509.3

ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИИ

Я.Л. Шапошников¹, М.М. Никитин², А.В. Неменко³

¹ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053, e-mail: sh.yarik99@mail.ru

² ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053, e-mail: m.nikitin.1979@gmail.com

³ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053, e-mail: valesan@list.ru

Аннотация

Рост сложности управляемых объектов ставит вопрос о надежности их функционирования. При этом возникает задача, используя временные ряды контролируемых параметров определить время выхода их из области допустимых значений с заданным уровнем достоверности. В настоящей работе представлена методика дальнего прогноза контрольного параметра использующая массив коэффициентов его разложения в ряд Тейлора по времени в окрестности фиксированной точки. Используя функциональное преобразование и метод производящих функций были получены расчетные формулы, позволяющие снизить вычислительную затратность алгоритма с $O(m^2)$ до $O(m)$, где m – количество удерживаемых коэффициентов исходного ряда. Предлагаемая методика совместима с алгоритмами численного дифференцирования, позволяющими использовать в качестве входных данных ряд непосредственных измерений контрольного параметра и позволяет сократить число датчиков по сравнению со стохастическим подходом к прогнозированию.

Ключевые слова: эксплуатационная надежность, дальний прогноз, асимптотика, контрольный параметр, временной ряд, асимптотическая оценка, аналитическое продолжение

FORECAST ESTIMATOR OF MAINTENANCE RELIABILITY FOR COMPLEX CONFIGURATION OBJECTS

Ya.L. Shaposhnikov¹, M.M. Nikitin², A.V. Nemenko³

¹ FSAEI HE Sevastopol State University, st. University, 33, Sevastopol, Russian Federation, 299053, sh.yarik99@mail.ru

² FSAEI HE Sevastopol State University, st. University, 33, Sevastopol, Russian Federation, 299053, m.nikitin.1979@gmail.com

³ FSAEI HE Sevastopol State University, st. University, 33, Sevastopol, Russian Federation, 299053, valesan@list.ru

Abstract

The growing complexity of managed objects raises the question of the reliability of their operation. In this case, the problem arises, using the time series of controlled parameters to determine the time of their exit from the range of permissible values with a given level of reliability. This paper presents a method for long-range forecasting of a control parameter using an array of coefficients of its expansion into a Taylor series in time in the vicinity of a fixed point. Using the functional transformation and the method of generating functions, calculation formulas were obtained that make it possible to reduce the computational cost of the algorithm from $O(m^2)$ to $O(m)$, where m is the number of retained coefficients of the original series. The proposed method is compatible with numerical differentiation algorithms that allow using a number of direct measurements of the control parameter as input data and allows reducing the number of sensors compared to the stochastic approach to forecasting.

Keywords: operational reliability, long-range forecast, asymptotics, control parameter, time series, asymptotic estimate, analytic continuation

Введение

В настоящее время объекты техники (самолеты, морские суда, энергетические установки) характеризуются высоким уровнем сложности и автоматизации. Задача прогнозирования отказов является приоритетной и решается путём наращивания

системы датчиков, контролирующих критические параметры.

Вместе с тем, задача эффективного прогноза параметров в контрольных точках еще далека от общепризнанного решения. Существуют два взаимоисключающих подхода к её решению – стохастический и детерминированный.

При стохастическом подходе контролируемый параметр рассматривается как заведомо случайная величина, что делает задачу о прогнозе её в фиксированный момент времени разрешимой лишь в рамках доверительного интервала. Риск отказа системы при прогнозе по данным единичного датчика оказывается недопустимо высоким (к примеру, вероятность в 1%, которая очень хороша для прогноза погоды, недопустима практически в качестве вероятности отказа авиационного двигателя).

С другой стороны, решение об отмене вылета из-за того, что по данным единичного датчика в полете может отказать двигатель с вероятностью 1%, тоже недостаточно обоснованно. Необходимо подтверждение что вероятность (в рамках принятых и апробированных моделей) действительно составляет 1%, а не $10^{-6}\%$, что классифицировало бы вылет как вполне безопасный (при условии, что все остальные факторы находятся в допустимых пределах с соизмеримыми вероятностями). В терминах математической статистики, необходим баланс между вероятностями совершить ошибку I и II рода, принимая или отвергая гипотезу о безопасном вылете.

Такая ситуация практически разрешается с помощью системы датчиков, логически соединенных тем или иным способом, что ставит в свою очередь проблемы уже с её надежностью и адекватностью закладываемых в неё моделей.

При детерминированном подходе целью исследователя оказывается извлечение неслучайного сигнала, зашумленного случайными факторами (ошибки измерений и плохо прогнозируемые квазипериодические процессы). Ключевой ролью при назначении детерминированного подхода является соотношение «сигнал – шум», если оно велико, то имеет смысл рассматривать процесс как детерминированный, если мало, то как стохастический. Существенными преимуществами детерминированного подхода являются меньшие требования к количеству датчиков и возможность прогнозирования в пределах значительных временных интервалов, недостатком – рост ошибки прогноза с течением времени, что требует специальных алгоритмов, минимизирующих её.

Один из них мы рассмотрим в настоящей работе.

Цель работы состоит в получении эффективной в вычислительном плане методики оценки времени до отказа системы с

помощью экстраполяции временного ряда значений контрольного параметра за пределы области его непосредственных измерений.

Прогнозные оценки времени до отказа с помощью асимптотики контрольного параметра

Будем характеризовать систему контрольным параметром X , который может быть результатом обработки измерений, экспертной оценкой и т.д. Значения контрольного параметра становятся доступны через промежутки времени Δt , образуя временной ряд $x_0, x_1, x_2, \dots$.

Примем допущения, что

а) функция $X(t)$, дающая последовательность $x(t)$ – аналитическая, все её свойства определяются разложением функции в степенной ряд в любой точке временного интервала

$$X(t) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n \cdot (t - t_0)^n, \quad (1)$$

б) функция $U(t) = X\left(\frac{t}{1-t}\right)$,

рассматриваемая для комплексного параметра t , обладает устранимой особенностью в точке ($t=1$), при этом радиус сходимости R_u её степенного разложения

$$U(t) = \sum_{n=0}^{\infty} d_n \cdot t^n \quad (2)$$

удовлетворяет соотношению $R_u > 1$.

Тогда для больших значений t будет справедливым асимптотическое разложение

$$X(t) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n \cdot (t+1)^{-n}, \quad t \rightarrow \infty, \quad (3)$$

в частности, существует конечный предел

$$a_0 = \lim_{t \rightarrow \infty} X(t). \quad (4)$$

Как было показано ранее [1], в обозначениях (3 - 4) коэффициенты a_n соответствуют следующим пределам:

$$a_0 = \lim_{m \rightarrow \infty} \sum_{s=0}^m c_s \cdot \binom{m}{s}; \quad (5)$$

$$a_k = (-1)^k \cdot \lim_{m \rightarrow \infty} \sum_{s=1}^m c_s \cdot \sum_{n=0}^k (-1)^n \cdot \binom{m-n}{k-n} \cdot \binom{m}{s+n}. \quad (6)$$

Зная вектор коэффициентов (1), решим задачу по нахождению момента выхода $X(t)$ за пределы диапазона $(x_{\min}, \dots, x_{\max})$ с помощью численных методов. Отделение корней выполним, сравнив значение (7) с границами диапазона: при $a_0 \in (x_{\min}, x_{\max})$ отказ не наступит и прогнозный остаточный ресурс не ограничен. В случае же $a_0 \notin (x_{\min}, x_{\max})$

искомый момент времени получим как корень алгебраического уравнения $X(t) = x_{\min}$ при убывании $X(t)$ с течением времени или $X(t) = x_{\max}$ при его возрастании. Так как в интерпретации $X(t)$ в виде ряда (1) данные уравнения сводятся к рациональным уравнениям высокого порядка, то для их решения применим метод Ньютона.

Выбрав начальное приближение ресурса T_0 , получим формулу, выражающую следующее приближение через предыдущее

$$T_n = T_{n-1} - \frac{X(T_{n-1})}{X'(T_{n-1})}, \quad (7)$$

что, учитывая частичные суммы (5), можно преобразовать к виду

$$T_n = T_{n-1} + \frac{(T_{n-1} + 1) \cdot ((a_0 - x_{\min}) \cdot (T_{n-1} + 1)^k + a_1 \cdot (T_{n-1} + 1)^{k-1} + \dots + a_k)}{a_1 \cdot (T_{n-1} + 1)^{k-1} + 2 \cdot a_2 \cdot (T_{n-1} + 1)^{k-2} + \dots + k \cdot a_k} \quad (8)$$

для пересечения нижней границы диапазона и

$$T_n = T_{n-1} + \frac{(T_{n-1} + 1) \cdot ((a_0 - x_{\max}) \cdot (T_{n-1} + 1)^k + a_1 \cdot (T_{n-1} + 1)^{k-1} + \dots + a_k)}{a_1 \cdot (T_{n-1} + 1)^{k-1} + 2 \cdot a_2 \cdot (T_{n-1} + 1)^{k-2} + \dots + k \cdot a_k} \quad (9)$$

- для пересечения верхней границы. В обоих случаях ресурс находится как предел этих последовательностей

$$T = \lim_{n \rightarrow \infty} T_n \quad (10)$$

Формулы (8) - (10) сходятся к точному значению только при гипотетических точных коэффициентах разложения (3). В случае, когда исходными данными является таблица значений параметра X , эти величины получаются в ходе достаточно затратных преобразований. Учитывая, что каждая операция с приближенными данными вносит дополнительную потерю точности, количество членов последовательности (5), вносящих полезный вклад в рассматриваемую задачу, оказывается ограниченным. Также ограничено будет и количество полезных итераций по формулам (10 – 11).

В количественном отношении погрешность каждой следующей итерации зависит от погрешности предыдущей и погрешностей вычисления коэффициентов (3):

$$\Delta T_n = \frac{\partial f}{\partial T_{n-1}} \cdot \Delta T_{n-1} + \sum_{n=1}^k \frac{\partial f}{\partial a_n} \Delta a_n \quad (11)$$

В работе [1] был рассмотрен частный случай формулы (11) с оценкой точности нахождения первых двух коэффициентов (3) в случае задания вектора коэффициентов (1). Практически в большинстве случаев эти коэффициенты также являются результатом предварительных вычислений, поэтому

найденная таким способом погрешность может значительно увеличиться. Рассмотрим способ её уменьшения путем уменьшения количества операций с коэффициентами ряда (1) для коэффициентов (3) высших порядков.

Используя метод производящих функций [2], представим (3) как коэффициент порядка m степенного ряда, полученного в результате перемножения ряда (1) и $(1+t)^m$. Выразив этот коэффициент через производную данной функции, получим

$$a_0 = \lim_{m \rightarrow \infty} \frac{1}{m!} \cdot \frac{d^m}{dt^m} \cdot ((1+t)^m \cdot X(t)) \Big|_{t=0} \quad (12)$$

Изменим порядок суммирования (6), получим

$$a_k = (-1)^k \cdot \lim_{m \rightarrow \infty} \sum_{n=0}^k (-1)^n \cdot \binom{m-n}{k-n} \cdot \sum_{s=1}^m \binom{m}{s+n} \cdot c_s \quad (13)$$

Аналогично получению формулы (5),

величину $\sum_{s=1}^m \binom{m}{s+n} \cdot c_s$ представим как разность коэффициента порядка $(m-n)$ того же произведения рядов и величины $c_0 \cdot \binom{m}{n}$.

Тогда

$$a_k = \lim_{m \rightarrow \infty} \sum_{n=0}^k (-1)^{k+n} \cdot \binom{m-n}{k-n} \cdot \left(g_{m-n} - c_0 \cdot \binom{m}{n} \right), \quad (14)$$

где g_{m-n} – коэффициенты разложения

$$G(t) = (1+t)^m \cdot X(t) = \sum_{n=0}^{\infty} g_n \cdot t^n \quad (15)$$

Учитывая тождество

$$\sum_{n=0}^k (-1)^n \cdot \binom{m-n}{k-n} \cdot \binom{m}{n} \equiv 0, \quad (16)$$

которое доказывается методом производящих функций (данная сумма равна коэффициенту порядка k разложения $(1+t)^{k-1}$ при целочисленном положительном k), получим

$$a_k = \lim_{m \rightarrow \infty} \sum_{n=0}^k (-1)^{k+n} \cdot \binom{m-n}{k-n} \cdot g_{m-n} \quad (17)$$

Тогда, при гипотетическом задании вектора коэффициентов g_n разложения в ряд Маклорена функции $G(t) = (1+t)^m \cdot X(t)$, искомая величина была бы пропорциональна коэффициенту порядка $(m-k)$ данной последовательности. Практически же, как и при непосредственном использовании формулы (3), коэффициенты вычисляются с помощью той или иной разностной схемы по заданному вектору значений.

Выводы

В настоящей работе была предложена схема дальнейшей экстраполяции контрольного параметра, заданного своим разложением в

ряд Тейлора (1). Процесс его изменения соответствует аperiodическому детерминированному переходному процессу. При использовании формул (7 – 8) для вычисления любого коэффициента по непосредственной разностной схеме необходимо совершить $1+2+3+\dots+m$ наиболее затратных операций умножения. При использовании же формул (12) и (17) и подготовленной таблицы значений функции $G(t) = (1+t)^m \cdot X(t)$ это значение снижается до m , что снижает трудоемкость алгоритма с $O(m^2)$ до $O(m)$. Эта же оценка справедлива и для вычислительных погрешностей

коэффициентов (3), которые пропорциональны количеству произведенных операций. Кроме того, в случае характерных значений m порядка нескольких сотен быстродействие построенной на формулах (12) системы управления также может быть повышено в сотни раз, что может быть использовано для снижения аппаратных требований. Определив будущий момент времени, когда критический параметр выйдет из области допустимых значений, можно осуществить необходимое вмешательство в работу установки, позволяющее минимизировать или устранить возможные убытки.

Список литературы

1. Неменко А.В. Экстраполяция кривой выносливости за пределы диапазона измерений/ А. В. Неменко, М.М. Никитин// Вестник СевНТУ. Вып. 110: Механика, энергетика, экология: сб. науч. тр. / Редкол.: А.И. Бохонский (отв. ред.) и др.; Севастоп. нац. техн. ун-т. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2010. - с. 288 – 290
2. Риордан Дж. Комбинаторные тождества/Дж. Риордан – М.: Наука, 1982 – 256 с.
3. Де Брёйн Н. Г. Асимптотические методы в анализе. Пер. с англ. / Н.Г. де Брёйн – М.: Физматгиз, 1962. – 246 с.

References

1. Nemenko A.V. Jekstrapoljacija krivoj vynoslivosti za predely diapazona izmerenij/ A. V. Nemenko, M.M. Nikitin// Vestnik SevNTU. Vyp. 110: Mehanika, jenergetika, jekologija: sb. nauch. tr. / Redkol.: A.I. Bohonskij (otv. red.) i dr.; Sevastop. nac. tehn. un-t. – Sevastopol': Izd-vo SevNTU, 2010. - s. 288 - 290
2. Riordan J. Combinatorial Identities – M.: Nauka, 1982 – 256 s.
3. De Bruijn N. G. Asymptotic methods in analysis. Per. s angl. / N.G. de Bruijn – M.: Fizmatgiz, 1962. – 246 s.

УДК 621.431

ПРОЧНОСТНАЯ НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ СУДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Ю.К. Цыганенко¹, М.М. Никитин², А.В. Неменко³

¹ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053, e-mail: Lotos7688@mail.ru

² ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053, e-mail: m.nikitin.1979@gmail.com

³ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053, e-mail: valesan@list.ru

Аннотация

С течением времени прочностная надежность элементов судовых конструкций снижается вследствие усталостных явлений в материале. Срок службы наиболее ответственных – корпусных – конструкций определяется сроком службы всего судна, в течение этого времени они подвергаются миллиардам циклов переменной нагрузки как от факторов внешней среды (ветер и волнение), так и от работы собственного оборудования (двигатели внутреннего сгорания, которые содержат поступательно движущиеся элементы). Такое количество циклов нагружения не может быть промоделировано экспериментально и требует адекватной прогнозной оценки по испытаниям на меньшей базе. Явление гигацикловой усталости, открытое в последние десятилетия, показывает очевидную неприменимость простейших подходов к данной задаче, и требует более совершенных методик прогнозирования свойств материала под воздействием циклической нагрузки на больших временных интервалах. В настоящей работе предложен метод дальней экстраполяции кривой выносливости, позволяющий получить асимптотические оценки прочностных характеристик материала для больших значений количества циклов. Метод основан на функциональном преобразовании, первичными данными для которого являются измеренные значения разрушающих напряжений, соответствующих результатам проведенных испытаний.

Ключевые слова: корпус судна, циклическая прочность, многоцикловая усталость, гигацикловая усталость, кривая выносливости, асимптотика, асимптотическая оценка, предел выносливости

THE STRENGTH RELIABILITY OF MARINE CONSTRUCTIONS ELEMENTS

Yu.K. Tsyganenko¹, M.M. Nikitin², A.V. Nemenko³

¹ FSAEI HE Sevastopol State University, st. University, 33, Sevastopol, Russian Federation, 299053,
Lotos7688@mail.ru

² FSAEI HE Sevastopol State University, st. niversity, 33, Sevastopol, Russian Federation, 299053,
m.nikitin.1979@gmail.com

³ FSAEI HE Sevastopol State University, st. University, 33, Sevastopol, Russian Federation, 299053,
valesan@list.ru

Abstract

Over time, the strength reliability of elements of ship structures decreases due to fatigue phenomena in the material. The service life of the most critical - hull - structures is determined by the service life of the entire vessel, during this time they are subjected to billions of cycles of variable load both from environmental factors (wind and waves) and from the operation of their own equipment (internal combustion engines, which contain reciprocating elements). Such a number of loading cycles cannot be simulated experimentally and requires an adequate predictive estimate based on tests on a smaller base. The phenomenon of gigacycle fatigue, discovered in recent decades, shows the obvious inapplicability of the simplest approaches to this problem, and requires more advanced methods for predicting the properties of a material under the influence of a cyclic load over long time intervals. In this paper, we propose a method for long-range extrapolation of the fatigue curve, which makes it possible to obtain asymptotic estimates of the strength characteristics of a material for large values of the number of cycles. The method is based on a functional transformation, the primary data for which are the measured values of breaking stresses corresponding to the results of the tests.

Keywords: ship hull, cyclic strength, high-cycle fatigue, gigacycle fatigue, endurance curve, asymptotics, asymptotic estimate, endurance limit

Введение

Срок службы судовых конструкций исчисляется десятками лет. Это подразумевает обеспечение их прочностных характеристик в течение всего эксплуатационно-ремонтного цикла.

Актуальной проблемой обеспечения прочностной надежности судовых конструкций в эксплуатации является назначение допустимых нагрузок с учетом усталостных явлений.

Так, для судов класса «река-море» возрастом 30-40 лет имели место случаи деформации и даже перелома корпуса на волнении, хотя очевидно, что на момент постройки были соблюдены все требования классификационных обществ.

Фактически же оказалось, что в течении срока службы материал корпуса в условиях коррозии и циклических нагрузок (волнение) деградировал до состояния, не обеспечивавшего физическую возможность плавания в проектных условиях в полном грузу.

С другой стороны большое количество других судов сохраняют проектные характеристики корпуса, укладываясь в запасы прочности, назначенные при постройке.

Отличить одну ситуацию от другой с достаточной достоверностью представляется, таким образом, задачей имеющей большое практическое значение.

В настоящее время усталостные характеристики материалов могут быть достоверно определены только разрушающими методами. Специфика измерений приводит к тому, что у экспериментатора оказывается ограниченный массив значений, связывающих напряжения в образцах с количеством циклов до полного их разрушения. По этому массиву может быть построена кривая выносливости (кривая Вёлера). Вместе с тем, практически важно знать её поведение за пределами диапазона измерений, в том числе и при неограниченном возрастании количества циклов.

Ранее применявшийся подход, согласно которому разрушающее напряжение существенно не меняется при количествах циклов, больших некоторого фиксированного (как правило, 10^7), оказался неприменимым к явлениям многоциклового и гигациклового усталости, открытым экспериментально. Однако непосредственное моделирование эксплуатационных нагрузок на материал, содержащее необходимое количество циклов, требует больших затрат времени. Поэтому возникает задача каким-либо образом предсказать дальнейший ход кривой выносливости, располагая только фиксированной выборкой её значений.

В настоящее время математически задача экстраполяции решается либо методами регрессионного анализа, либо методами

авторегрессии и скользящего среднего. Недостатком первых является необходимость заранее произвольно определить класс функции, относительно которой производится регрессия, что в общем случае не позволяет осуществить предельный переход к производящей функции массива значений при неограниченном увеличении количества точек. Относительно второй группы методов известно, что к нестационарным рядам они ограниченно применимы на конечном интервале изменения аргумента, после чего их применение становится невозможным вследствие искусственно создаваемого «среднего», как правило лежащего много выше всех измеренных значений.

В работе [1] был предложен способ нахождения коэффициентов функции выносливости с помощью ограниченной выборки результатов усталостных испытаний [2].

В настоящей работе рассмотрим эту задачу с вычислительной точки зрения.

Цель работы состоит в получении эффективной в вычислительном плане методики дальней экстраполяции кривой выносливости материала корпусных конструкций за пределы диапазона её экспериментальных значений.

Экстраполяция кривой выносливости за пределы диапазона измерений

Пусть требуется получить два первых коэффициента разложения функции выносливости (1) в ряд по отрицательным степеням количества циклов с помощью заданного количества экспериментально полученных пар значений $\{\sigma, N\}$, где σ – задаваемый уровень напряжений, N – количество циклов, которое совершил образец при данном уровне напряжений до своего разрушения

Общая вычислительная схема может быть разделена на следующие части:

1. Получение коэффициентов c_n непрерывной функции

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n \cdot x^n, \quad (1)$$

соответствующей дискретному набору упорядоченных пар $\{\sigma, N\}$;

2. Вычисление коэффициентов c_n^* функции

$$u(x) = f\left(\frac{x}{1-x}\right) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n^* \cdot x^n, \quad (2)$$

где x – формальный параметр;

3. Построение аналитических продолжений функции $u(x)$, получение значений функции и $(i-1)$ её первых производных в точке $(x=1)$ и прогнозные оценки функции выносливости с её помощью.

Рассмотрим последовательность операций каждой из этих частей.

1) В большинстве случаев возможно применение алгоритмов численного дифференцирования. Поставим в соответствие дискретному количеству циклов непрерывный формальный параметр x , который разобьём на равные интервалы величины Δx . На границах каждого интервала установим оценочное значение разрушающего напряжения, которому поставим в соответствие непрерывный формальный параметр f . Эти значения получим интерполяцией между экспериментально полученными упорядоченными парами $\{\sigma, N\}$. Тогда справедливой оказывается следующая оценка

$$c_n \approx \frac{1}{(\Delta x)^n} \sum_{j=0}^n \frac{(-1)^j \cdot f_{n-j}}{j!(n-j)!}, \quad (3)$$

Проведенные численные эксперименты показали, что соответствие с практикой достигается при получении порядка нескольких сотен коэффициентов ряда (1). Обозначим эту величину как m . Отметим, что для устойчивости вычислительной схемы необходимо выполнение условия $(\Delta x = 1)$, которое всегда может быть выполнено с помощью соответствующего масштабирования исходной переменной

2) Количество коэффициентов ряда (3), которые возможно определить, также будет равно m . Расчетные формулы для их определения принимают вид

$$\begin{cases} c_0^* = c_0 \\ c_1^* = c_1 \\ c_n^* = \sum_{s=1}^n \binom{n-1}{s-1} \cdot c_s \end{cases}. \quad (4)$$

3) Параметром функции преобразования $u(x)$, влияющим на дальнейшую вычислительную схему, является радиус сходимости R ряда (2). Эта величина находится как предел последовательности

$$R = k \sqrt[n]{\frac{c_n^*}{c_{n+k}^*}} \quad (5)$$

при возрастании n .

При $R > 1$ выполняются соотношения

$$\begin{cases} u(1) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n^* \\ \left| \frac{d^k u(x)}{dx^k} \right|_{x=1} = \sum_{n=k}^{\infty} \binom{n}{k} \cdot c_n^* \end{cases} \quad (6)$$

или, учитывая конечность количества удерживаемых коэффициентов ряда (1),

$$\begin{cases} u(1) \approx \sum_{n=0}^m c_n^* \\ \left| \frac{1}{k!} \cdot \frac{d^k u(x)}{dx^k} \right|_{x=1} \approx \sum_{n=k}^m \binom{n}{k} \cdot c_n^* \end{cases} \quad (7)$$

При $R < 1$ правые части сумм (6) расходятся, поэтому при любом m частичное суммирование по формулам (7) не приводит к получению информации о свойствах $u(x)$ и её производных в точке $(x=1)$. Тем не менее, из условия аналитичности $u(x)$ в точке $(x=1)$, такая информация может быть получена путем построения аналитических продолжений ряда (2), взятого для некоторого $(x < R)$. В этом случае одним из вариантов вычислительной схемы может являться следующий.

Для некоторого $(x=a < R)$ составим бесконечные суммы

$$\begin{cases} u(a) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n^* \cdot a^n \\ \left| \frac{1}{k!} \cdot \frac{d^k u(x)}{dx^k} \right|_{x=a} = \sum_{n=k}^{\infty} \binom{n}{k} \cdot c_n^* \cdot a^{n-k} \end{cases} \quad (8)$$

Учитывая формулу Тейлора, запишем разложение $u(x)$ в степенной ряд с центром сходимости: $(x=a)$:

$$u(x) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n^*(a) \cdot (x-a)^n; \quad (9)$$

$$\begin{cases} c_0^*(a) = u(a) \\ c_n^*(a) = \frac{1}{n!} \cdot \left| \frac{d^n u(x)}{dx^n} \right|_{x=a} \end{cases} \quad (10)$$

При этом сама функция и ее производные в правых частях формул (10) считаются аналогично (8). Ряд (9) является аналитическим продолжением ряда (1).

При переходе к конечному количеству m коэффициентов ряда (2) получим, что результат суммирования по формулам (8) с погрешностью, не превосходящей заранее заданной, мы можем получить только для некоторого количества коэффициентов ряда (9) $m(a)$, причем

$$m(a) < m. \quad (11)$$

Отметим, что устойчивая вычислительная схема может быть получена, если в качестве критерия достоверности результата суммирования правых частей (8) с заданной точностью принять выполнение неравенства

$$\binom{m}{k} \cdot c_m^* \cdot a^{m-k} < \alpha, \quad (12)$$

где a – некоторая величина, зависящая от допустимой погрешности Δ вычисления суммы порядка k .

После вычисления $m(a)$ коэффициентов ряда (9) (желательно не менее 20 - 40) определяется его радиус сходимости $R(a)$. В случае, когда выполняется соотношение

$$a + R(a) > 1, \quad (13)$$

величина функции $u(x)$ в точке $(x=1)$ определяется непосредственным суммированием ряда (10) при $(x=1-a)$. В случае невыполнения (13), все рассуждения повторяются для некоторых $a_1, a_2 \dots a_i$ до выполнения

$$a_i + R(a_i) > 1. \quad (14)$$

После вычисления значений функции (2) и её производной в точке $(x=1)$ как сумм соответствующих рядов или их аналитических продолжений представим экстраполяционную функцию для ожидаемых пар $\{\sigma, N\}$ в виде

$$g(x) = \sigma_R + \frac{q_1}{x} \quad (15)$$

где

$$\begin{cases} \sigma_R = u(1) \\ q_1 = - \left| \frac{d}{dx} \cdot u(x) \right|_{x=1} \end{cases}, \quad (16)$$

коэффициент σ_R имеет физический смысл предела выносливости, коэффициент q_1 характеризует увеличение тесноты корреляционной связи между ожидаемыми парами $\{\sigma, N\}$

Примеры применения метода

Рассмотрим применение предлагаемой вычислительной схемы к задаче вычисления коэффициентов экстраполяционной формулы (15) по результатам испытаний на выносливость образцов стали 30ХГСА по данным из [4, с.17], которые содержат зависимость медианы количества циклов в серии от уровня напряжений.

Порядок действий: получим коэффициенты формальной функции (1), по ним с помощью (6) получим коэффициенты функции преобразования (2), по ним найдем радиус сходимости ряда, задающего эту

функцию, если полученная величина удовлетворяет соотношению $R > 1$ – вычислим параметры формулы (15) с помощью непосредственного суммирования по формулам (8), если нет – то по формулам (16).

Для поиска коэффициентов ряда (1) по формуле (3) построим 60 равноотстоящих значений в диапазоне 40 – 580 тыс. циклов с помощью линейной интерполяции между соседними парами точек таблицы исходных данных.

В ходе применения алгоритма были получены следующие значения коэффициентов (15): $\sigma_R = 425,0$, $q_1 = 10109$, значения числа циклов в формуле с этими коэффициентами должно быть в тысячах.

Отметим, что последнее (не использованное) значение таблицы медианных значений составляет 1680 тыс. циклов при уровне напряжений 428 МПа, что отличается от рассчитанного предела выносливости на 0,23% в большую сторону.

Рассмотрим результаты применения того же алгоритма к задаче нахождения коэффициентов формулы (15), полученной в результате испытаний образца из капролона [5].

Измеренная величина предела выносливости σ_R для этой серии образцов составила 20,7 МПа.

Математическое ожидание количества циклов до разрушения в зависимости от уровня напряжений было также сведено в таблицу, график по которой в полулогарифмической системе координат был представлен в [5]

Исключив многозначность экспериментальных данных с помощью усреднения, мы перешли к условно непрерывной функции $f(x)$ (1) с помощью интерполяции, используя экспериментальные пары $\{\sigma, N\}$ как опорные. Эти точки были использованы для построения 100 равноотстоящих значений функции в диапазоне 25000 – 675000, полученных с помощью квадратичной интерполяции между тремя соседними опорными точками.

Аналогично был получен оптимальный параметр суммирования $m=208$, и массив 200 первых коэффициентов (2), приближенное вычисление радиуса сходимости по которому обеспечивает сходимость сумм (6).

В результате были получены следующие коэффициенты: $\sigma_R = 23,81$ МПа, $q_1 = 4176$, которые, как и в предыдущем случае требуют аргумента, выраженного в тысячах циклов.

Выводы

В настоящей работе предложен алгоритм экстраполяции кривой выносливости за пределы диапазона измерений.

В сравнении с распространенными алгоритмами экстраполяции на основе методов регрессионного анализа, предлагаемый алгоритм, хуже приближая таблично заданную функцию внутри области определения, обеспечивает лучшее приближение на полубесконечном интервале за её пределами.

Тестирование алгоритма было приведено на наборах дискретных значений, полученных в ходе испытаний на выносливость таких применяемых в судостроении конструкционных материалов как сталь 30ХГСА [4] и капролон [5].

На основании обработки массивов из 5 и 23 пар значений «напряжение - количество циклов», были получены значения коэффициентов формулы (15), в том числе расчетный предел выносливости.

Применялась двухступенчатая схема обработки, на первом этапе которой рассчитывались коэффициенты формального ряда (1) для условно равноотстоящих значений количества циклов, полученных линейной интерполяцией между экспериментальными точками.

На втором этапе по ним рассчитывались коэффициенты функции преобразования (2), проверялся её радиус сходимости (в обоих случаях он оказался больше 1, что позволило применить непосредственное суммирование по формулам (8), и вычислялись расчетные коэффициенты.

В обеих таблицах оставлялись последние значения, которые не использовались для расчета, но использовались для контроля полученных значений. Вычисленное по ним расхождение расчетных и экспериментальных значений составило 0,23% для стали и 15% для капролона, что связано со значительной дисперсией исходных данных в последнем случае.

Отметим, что в ходе расчета ряд ключевых факторов, влияющих на сходимость алгоритма, подбирался методом проб и ошибок. Тем не менее, проведенные численные эксперименты показали сходимость ответов к приведенным выше числам при достаточно высокой степени их варьирования. Для исследования адекватности предлагаемого алгоритма необходима также количественная оценка влияния стохастических факторов на его точность. Этот вопрос будет нами раскрыт в последующих работах.

Список литературы

1. Неменко А.В. Экстраполяция кривой выносливости за пределы диапазона измерений/ А. В. Неменко, М.М. Никитин// Вестник СевНТУ. Вып. 110: Механика, энергетика, экология: сб. науч. тр. / Редкол.: А.И. Бохонский (отв. ред.) и др.; Севастоп. нац. техн. ун-т. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2010. – с. 288 - 290
2. Nikitin M.M. Asymptotic expansion of a function defined by power series/ M.M. Nikitin// arXiv.math/1006.0178
3. Де Брёйн Н. Г. Асимптотические методы в анализе. Пер. с англ. / Н.Г. де Брёйн – М.: Физматгиз, 1962. – 246 с.
4. Почтенный Е.К. Кинетика усталости машиностроительных конструкций./Е.К. Почтенный. – Минск, Арти-Фекс, 2002. – 168 с.
5. Неменко А.В. Оценка циклической прочности капролона для элементов судовых механизмов./ А.В. Неменко// Вестник СевНТУ. Сер. Механика, энергетика, экология: сб. науч. тр. – Севастополь, 2011. – вып. 120 – с. 350 – 354.

References

1. Nemenko A.V. Jekstrapoljacija krivoj vynoslivosti za predely diapazona izmerenij/ A. V. Nemenko, M.M. Nikitin// Vestnik SevNTU. Vyp. 110: Mehanika, jenergetika, jekologija: sb.nauch.tr. / Redkol.: A.I. Bohonskij (otv. red.) i dr.; Sevastop. nac. tehn. un-t. – Sevastopol': Izd-vo SevNTU, 2010. – s. 288 - 290
2. Nikitin M.M. Asymptotic expansion of a function defined by power series/ M.M. Nikitin// ar-Xiv.math/1006.0178
3. De Brujn N. G. Asymptotic methods in analysis. Per. s angl. / N.G. de Brujn – M.: Fizmatgiz, 1962. – 246 s.
4. Pochtennyj E.K. Kinetika ustalosti mashinostroitel'nyh konstrukcij./E.K. Pochtennyj. – Minsk, Arti-Feks, 2002. – 168 s.
5. Nemenko A.V. Ocenka ciklicheskoj prochnosti kaprolona dlja jelementov sudovyh mehanizmov./ A.V. Nemenko// Vestnik SevNTU. Ser. Mehanika, jenergetika, jekologija: sb. nauch. tr. – Sevastopol', 2011. – vyp. 120 – s. 350 – 354.

УДК 004.414.32

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ

Е. В. Фицко¹, А. И. Любивец², Ю.О. Стреляная³

¹Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Школа-гимназия №1» городского округа Судак, ул. Маяковского, г. Судак, Российская Федерация, 298000, e-mail: fitsko05@inbox.ru

²Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение, «Школа-гимназия №1» городского округа Судак, ул. Маяковского, г. Судак, Российская Федерация, 298000, e-mail: lyubivets@list.ru

³ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053, e-mail: YOStrelyanaya@sevsu.ru

Аннотация

В статье рассматриваются технологии прототипирования. Обсуждаются основные способы создания прототипов и традиционных методов изготовления изделий. Излагаются принципы работы существующих технологий прототипирования, от начала процесса до получения модели продукта, а также все преимущества и недостатки каждой существующей технологии данного метода.

Авторами проведён анализ сильных и слабых сторон рассмотренных технологий прототипирования.

Ключевые слова: прототипирование, 3D модель, производство продукта, технология, модель, расходные материалы, стереолитография, объемные модели, лазерное спекание, преимущество.

ANALYSIS OF EXISTING PROTOTYPING TECHNOLOGIES

E. V. Fitsko¹, A. I. Liubivets², Yu. O. Strelyanaya²

¹ Municipal budget general educational institution «Grammar-school №1» of Sudak city district Mayakovsky str., Sudak, Russian Federation, 298000, e-mail: fitsko05@inbox.ru

² Municipal budget general educational institution «Grammar-school №1» of Sudak city district Mayakovsky str., Sudak, Russian Federation, 298000, e-mail: lyubivets@list.ru

Sevastopol State University, 33 Universitetskaya str., Sevastopol, Russian Federation, 299053, e-mail: YOStrelyanaya@sevsu.ru

Abstract

The article discusses prototyping technologies. The main ways of creating prototypes and traditional methods of manufacturing products are discussed. The principles of operation of existing prototyping technologies are outlined, from the beginning of the process to obtaining a product model, as well as all the advantages and disadvantages of each existing technology of this method. The authors analyzed the strengths and weaknesses of the considered prototyping technologies.

Keywords: *prototyping, 3D model, product manufacturing, technology, model, consumables, stereolithography, volumetric models, laser sintering, advantage.*

Сегодня, в мире новейших технологий, люди ищут новые способы процесса разработки и выхода новых продуктов (товаров). Но как это осуществить? Один из способов - это прототипирование, которое позволяет исправлять недочеты при разработке различных товаров до начала их производства. На этом этапе создается быстрая «черновая» реализация базовой функциональности продукта как для анализа ее работы в целом, так и отдельно взятых ее частей.

Развитие прототипирования берет свое начало с 80-х годов прошлого века. Для изготовления прототипов продукта использовали традиционные методы, а именно штамповка, точение, фрезерование, эти способы имели низкий уровень точности и плохую повторяемость при воспроизведении.

К настоящему моменту разработано множество различных технологий, использующих принцип послойного построения трёхмерных объектов. Быстрые темпы развития человеческого общества обуславливают необходимость создания максимально гибких технологий [1].

Основываясь на том, что все технологии созданы на различных физических принципах и применяются разные материалы для выполнения детали, общий принцип создания объекта остается одним и тем же.

Создание прототипов состоит из двух основных способов:

1. Математическая (3D) модель продукта;
2. Получение готового продукта одним из существующих технологий прототипирования.

Рассмотрим несколько существующих технологий прототипирования, преимущества и недостатки каждой технологии:

Технология стереолитографии StereoLithography (SLA).

В основу метода встроено отверждение жидкого фоточувствительного полимера под влиянием ультрафиолетового излучения. Данная технология применяется для получения прототипов с целью проверки конструкции и сборки, а также мастер-моделей для следующего экспонирования в силиконовых формах. Используемые расходные

материалы позволяют получать функциональные прототипы с различными физико-механическими свойствами, температурной стойкостью, прозрачностью и т.д. [2].

Преимущества технологии StereoLithography (SLA):

- получение мелких элементов деталей и частей практически неограниченной сложности;
- полная автоматизация установки;
- высокая точность воспроизведения модели;
- уменьшает склонность к расслоению модели;

Недостатки технологии StereoLithography (SLA):

- длительное время создания (16 и более часов);
- точность воспроизведения мала;
- химическая токсичность полимера и чистящих средств;
- высокая стоимость полимера данного типа, и их ограниченное производство;
- высокое требование к персоналу обслуживающих оборудование;
- большие затраты на обеспечение сотрудников;
- необходимость обработки поверхности;
- быстрый выход из строя повода модели с течением;
- жесткие требования к помещению, где находится установка;
- использование дорогостоящего лазера, имеющего ограниченный ресурс работы.

Технология лазерного спекания - Selective Laser Sintering (SLS).

В основу данного метода входит спекание мелкодисперсных элементов расходных материалов под воздействием лазера. Используемый материал прежде всего разогрет до температуры, близкой к температуре плавления (либо склеивающих элементов модели). Для данной технологии нужны мелкодисперсные и термопластичные порошки, обладающие хорошей вязкостью и быстрым затвердением, например, полимеры, нейлон, воск, керамика, разнообразные

специализированные пластики, песок и металлическая пудра [3].

В результате процесса лазерного спекания можно получить функционирующие прототипы пластиковых деталей, песчаные формы и стержни для металлургии, а также, модели для литья и металлические детали или фрагменты формообразующих частиц пресс-форм.

Данный метод используется в практической деятельности для получения единичных функционирующих прототипов, либо будучи альтернативным решением тиражированию в силиконовых формах, с целью получения партии деталей с желаемым количеством деталей.

Преимущества технологии Selective Laser Sintering (SLS):

- модель содержит в себе свойства монолитного материала (например, жесткостью металла, упругостью пластмассы и жаростойкостью песка), тем самым увеличивая свою сферу действия.
- бюджетные и безопасные для здоровья материалы;
- доступен широкий выбор мелкодисперсных порошков, начиная от литейного воска, до полимеров, служащих для сплавления сложных или крупных деталей;
- малая вероятность коррозии деталей модели;
- достаточное пространство в производственной камере для изготовления нескольких моделей одновременно.

Недостатки технологии Selective Laser Sintering (SLS):

- поверхность модели зачастую некачественна и обладает шершавостью,
- недостаточно качественная укладка может вызвать поры и дырки на поверхности,
- технология требует формирования первого слоя из используемого материала, во избежание термических дефектов,
- плотность модели не всегда соответствует ожидаемому результату,
- камера для изготовления моделей из разных материалов требует специальной обработки перед использованием.

Технология отверждения на твердом основании Solid Ground Curing (SGC).

Данная технология – это сложный и многошаговый процесс. Метод прототипирования состоит в использовании, моделируемой компьютером, «фотомаске». Через, так называемый, «шаблон» принтер накладывает тонкий слой смолы, под

действием ультрафиолетового излучения. Благодаря быстрому потоку ультрафиолетовых лучей, у проецируемой модели успевает затвердеть только тот участок смолы, который соответствует шаблону, а остальная смола, в дальнейшем, удаляется.

Вновь созданный слой из смолы или воска фрезеруют до нужной толщины. После этого деталь снова подвергается ультрафиолетовому излучению для окончательного формирования слоя. Далее процедура повторяется: создается новый слой по «фотошаблону», подвергается излучению и т.д. Количество моделированных шаблонов соответствует количеству слоев в проецируемой модели. Весь процесс происходит в вакууме [3].

Преимущества технологии Solid Ground Curing (SGC):

- технология не требует специальной обработки после проведения;
- сложная структура модели отражается на времени ее полного изготовления и сбора, но не ее отдельных элементов;
- метод дает возможность приостановить работу;
- центр тяжести модели не смещен, а также утяжелен;
- возможность воспроизведения модели с некоторыми подвижными элементами;
- приостановка процесса позволяет удалить деформированный слой, заменив материал, и продолжить работу;
- возможность создания нескольких деталей в одной камере, то есть одновременно.

Недостатки технологии Solid Ground Curing (SGC):

- в случае перегрева, дорогостоящий полимер становится вязким и теряет свои свойства, что исключает возможность его повторного использования,
- расходный материал опасен для здоровья, токсичен и требует специальной обработки в камере по действие ультрафиолетовых лучей;
- установка имеет тяжелый вес и занимает определенное пространство,
- работа по данной технологии сопровождается шумом,
- процедура требует постоянного наблюдения и контроля,
- малый спектр возможных для использования расходных материалов.

Технология послойной заливки экструдированным расплавом - Fused Deposition Modeling (FDM)

Технология основана на последовательной укладке разогретой полимерной нити в

соответствии с макетом математической модели детали. FDM процесс предусматривает протягивание обжимными роликами через экструдер диаметром менее 0,178 мм нити из стирол-бутадиен-акрилонитрила (СБА), материал поликарбоната, воска или эластомера. Нагреваясь, нить переходит в полужидкое состояние и наносится на матрицу формируемого 3-мерного продукта в ходе построчного сканирования экструдером. В результате композитное вещество, осаждаясь на матрице объекта, при температуре окружающей среды быстро затвердевает [4].

Преимущества технологии Fused Deposition Modeling (FDM):

- легкая замена одного материала на другой;
- низкая стоимость затрат;
- высокая производительность;
- процесс достаточно автоматизирован;
- безопасность материалов;
- малые размеры установки;
- низкие температуры переработки.

Недостатки процесса:

- наличие швов между слоями;
- необходимость постоянного движения головки экструдера для предотвращения ее засорения застывшим материалом;
- модель имеет малую подвижность из-за хрупкости ее элементов;
- размеры модели влияют на длительность ее изготовления;
- в цикле обработки при изменении температуры модель может иметь дефекты.

Технология послойного формирования объемных моделей из листового материала - Laminated Object Manufacturing (LOM).

Эта технология и установки для ее реализации были созданы в 1991 г. Эта технология получила широкое распространение. Установка, как и все остальные, использует модель в виде STL файла. Данные поступают на главный компьютер LOM установки, где с помощью модели создается набор сечений детали. Модель изготавливается из рулонной ламинированной бумаги или другого материала. В настоящее время достаточно много возможностей для использования таких материалов как бумага, пластик, керамика-композиты [2,3].

Преимущества LOM технологии:

- отсутствие физико-химических превращений при синтезе, за счет минимального подогрева слоев;

- не требует дополнительного подогрева материала;
- лазерное излучение не воздействует на внутренние части материала;
- большое разнообразие бюджетных листовых материалов;
- быстрое обучение персонала;
- безопасность материалов;
- миниатюрность установки и легкость в управлении;
- возможность из небольших прототипов собрать модель большего габарита;
- простота эксплуатации.

Недостатки LOM технологии:

- трудная обработка поверхности от расходных материалов;
- вероятность повреждения сложных деталей при удалении отходов;
- изменение свойств материала в направлении ламинирования;
- большие расходы материала;
- шершавость поверхности;
- сложность обработки модели из-за возможности расслоения;
- необходимость вентиляции;
- необходимость защиты модели от влаги;
- невозможность получения детализированной модели;

Анализ данных технологий проведен с целью выявления наиболее перспективной. В результате сравнительного анализа, можно выделить технологию лазерной стереолитографии stereolithography (SLA) позволяющей синтезировать наиболее сложные и наиболее точные модели используя послойное построение с помощью пространственно-селективного отверждения жидкой фотополимеризующейся композиции с фокусированным лазерным лучом.

В настоящее время построение компьютерной модели не является сложным процессом и не требует значительных затрат времени поэтому метод лазерной стереолитографии является достаточно гибким и позволяет получать детали практически любой формы и степени сложности. Большим преимуществом этой технологии прототипирования является ее возможность осуществлять большие масштабы производства, но также не исключает ее распространение в единичном и мелкосерийном производствах. Лазерная стереолитография получила широкое распространение во многих областях производства из-за ее преимущества перед остальными технологиями прототипирования.

Технологии прототипирования развиваются стремительными темпами. Еще недавно казалось невероятным и

фантастическим использованием таких технологий повсеместно, а на сегодняшний день они внедряются и используются почти на каждом предприятии.

Подводя итоги, хотелось бы отметить, что применение технологий прототипирования дает возможность автоматизировать процесс создания продукта исключая использование ручного труда. Получение продуктов с

помощью технологий прототипирования позволяет предотвратить возникновение дефектов при разработке различных товаров до начала их производства. Кроме того, использование данных технических решений позволяет уменьшить габаритные размеры оборудования, снизить его стоимость, а также упростить требования к помещениям, в которых оно эксплуатируется.

Список литературы

1. Тодд Варфел. Прототипирование. Практическое руководство / Тодд Варфел/ – М: Изд. Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 240 с.
2. Мокрецова Л.О. Система твердотельного трехмерного моделирования КОМПАС-3D / Л.О. Мокрецова, В.В. Свири, И.В. Дохновская – М: Изд. Дом МИСиС, 2009.-58 с.
3. Толстенева А.А. Информационные технологии в техническом творчестве / А.А. Толстенева, В.В. Сульдина; Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина // Интеграция информационных технологий в систему профессионального и дополнительного образования: Сборник статей по материалам региональной научно-практической конференции. – 2017. – С. 38–41.
4. Поляков А.Н. Основы быстрого прототипирования. Учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлениям подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 15.03.06 Мехатроника и робототехника, 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств / А. Н. Поляков [и др.]; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : Университет, 2014. - 128 с.

References

1. Todd Warfel. Prototyping. Practical guide / Todd Warfel / – M: Mann, Ivanov and Ferber, 2013. – 240 p.
2. Mokrecova L.O. Solid-state 3D modeling system KOMPAS -3D / L.O. Mokrecova, V.V. Svirin, I.V. Dohnovskaya – M: MISiS Publishing House", 2009.-58 p.
3. Tolsteneva A.A. Information technology in technical creativity / A.A. Tolsteneva, V.V. Suldina; Nizhny Novgorod State Pedagogical University. K. Minina // Integration of information technologies into the system of professional and additional education: Collection of articles based on materials of the regional scientific and practical conference. – 2017. – p. 38–41.
4. Polyakov A.N. Basics of rapid prototyping. Textbook for students enrolled in higher professional education programs in areas of training 15.03.05 Design and technological support of machine-building industries, 15.03.06 Mechatronics and Robotics, 15.04.05 Design and technological support of machine-building industries / A. N. Polyakov; Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Orenburg State University". - Orenburg : University, 2014. - 128 p.

РАЗДЕЛ 2. СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТА И ТРАНСПОРТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 629.7

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ФОРМ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ЭФФЕКТИВНОГО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ

К.Д. Мутин ¹, Ю.О. Стреляная ²

¹ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053, e-mail: kirillmutin@yandex.ru

² ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053, e-mail: YOSTrelyanaya@sevsu.ru

Аннотация

Современные беспилотные авиационные системы и комплексы представляют собой сложные блоки, состоящие из элементов программирования, аэродинамики, физики, материаловедения, электроэнергетики и многого другого. Системы подобного рода имеют ряд недостатков, из которых к основным можно отнести энергопотребление. В данной статье представлен обзор существующих беспилотных авиационных систем, а также подходов, направленных на решение данной проблемы.

Ключевые слова: беспилотник, электрический двигатель, аэродинамика, БЛА, энергопотребление

ANALYSIS OF EXISTING FORMS OF UNMANNED AERIAL SYSTEMS USED TO SOLVE THE PROBLEM OF EFFICIENT ENERGY CONSUMPTION OF ELECTRIC MOTORS

Mutin K.D. ¹, Yu. O. Strelyanaya ²

¹ Sevastopol State University, 33 Universitetskaya str., Sevastopol, Russian Federation, 299053, e-mail: kirillmutin@yandex.ru

² Sevastopol State University, 33 Universitetskaya str., Sevastopol, Russian Federation, 299053, e-mail: YOSTrelyanaya@sevsu.ru

Abstract

Modern unmanned aerial systems and complexes are complex blocks consisting of elements of programming, aerodynamics, physics, materials science, power engineering and much more. Systems of this kind have a number of disadvantages, of which energy consumption can be attributed to the main ones. This article provides an overview of existing unmanned aerial systems, as well as approaches aimed at solving this problem.

Keywords: drone, electric motor, aerodynamics, UAV, power consumption

Беспилотные авиационные системы.

Техническое усовершенствование значительно повлияло на социальную, экономическую и личную жизнь, от деловых подходов до международных войн. Эти преобразования можно визуализировать, воспользовавшись этими технологическими достижениями. Беспилотный летательный аппарат (БПЛА), также известный как дистанционно управляемый летательный аппарат, является лучшим примером для визуализации изменений. Беспилотные летательные аппараты не нуждаются в пилоте

на борту и могут эксплуатироваться автономно или дистанционно управляться пилотом [1]. БПЛА является составной частью беспилотной воздушной системы, которая включает в себя БПЛА, линию связи и наземную станцию управления. БПЛА преодолевает ограничения наземной системы с точки зрения доступности, скорости и надежности [2]. Беспилотник может предоставлять качественные изображения с высоким разрешением для обслуживания коммерческих приложений, таких как сельское хозяйство, добыча полезных ископаемых и мониторинг

различного рода производств. БПЛА создавался в обороне для разведки и боевого применения. Предполагается, что в 1916 году был разработан первый в истории полуавтоматический аэроплан (воздушная торпеда). В 1933 году Королевский флот использовал дроны для стрельбы. Позже с появлением и внедрением передовых навигационных датчиков БПЛА стал неотъемлемой частью вооруженных сил. Появление технологии не только устранило ограничения применения БПЛА в военных целях, но и расширило их возможности в коммерческих приложениях, связанных с сельским хозяйством, научной деятельностью, отдыхом, обслуживанием, доставкой товаров, фотограмметрией и многим другим [3].

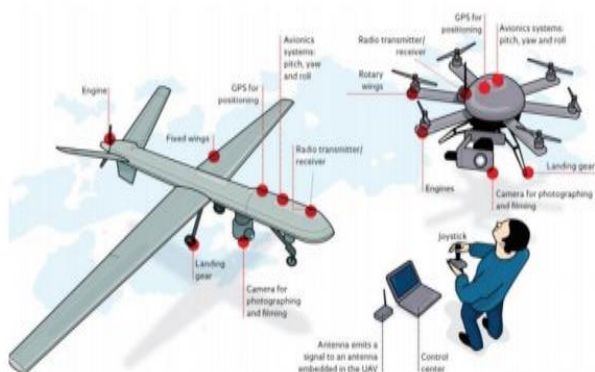


Рис. 1 - Структура комплекса БПЛА

Сельское хозяйство и инфраструктура охватывают максимальную долю применения беспилотных летательных аппаратов.

Использование автономных БПЛА в агробизнесе стремительно развивается в области здоровья сельскохозяйственных культур, мониторинга, систем раннего предупреждения, лесное хозяйство, рыболовство и охрана дикой природы [4]. На борту беспилотников чаще всего имеются узкополосные датчики видимого, ближнего инфракрасного и теплового диапазона, которые управляют изменчивостью поля и совершают картирование питательных веществ для мониторинга состояния урожая, чтобы фермер своевременно принимал разумные решения по сельскому хозяйству [5]. На момент 2018 года рынок сельскохозяйственных дронов оценивается в 32,4 млрд долларов США.

Существующие виды беспилотных авиационных систем.

На основе аэродинамики было разработано множество систем БПЛА, и на этапе усовершенствования некоторые из них включают в себя самолет с неподвижным крылом [6], вертолет [7], мультикоптер [8], моторный парашют и планер [9], БПЛА с вертикальным взлетом и посадкой [10], и коммерческие БПЛА [11]. Все они специфицированы для конкретной задачи и имеют свои минусы и плюсы. Беспилотные летательные аппараты с неподвижным крылом очень просты, но насыщены в проектировании и производстве из-за успешного обобщения более крупных самолетов с небольшими модификациями и улучшениями. Неподвижные крылья являются основными элементами, создающими подъемную силу в ответ на ускорение вперед. Скорость и более крутой угол потока воздуха, обтекающего неподвижные крылья, определяют создаваемую подъемную силу. Беспилотникам с неподвижным крылом требуется более высокая начальная скорость и отношение тяги к нагрузке менее 1, чтобы начать полет [12]. Если сравнить неподвижное крыло и мультиротор с одинаковой полезной нагрузкой, беспилотники с неподвижным крылом более удобны с меньшим энергопотреблением и тяговой нагрузкой менее 1. Для управления углами рыскания, крена и тангажа используются рули направления, элероны и рули высоты. ориентации самолетов. На рис. 2 показана сила, приложенная к самолету с неподвижным крылом.

Дроны с неподвижным крылом не могут зависать на месте и поддерживать низкую скорость. Дроны с неподвижным крылом более совместимы с большим отношением длины к диаметру и с более высоким числом Рейнольдса.

Некоторые исследователи и организации классифицируют дроны по весу и дальности полета. В [13] представлен список беспилотных летательных аппаратов в зависимости от массы и дальности полета.



Рис. 2 - Рули управления беспилотника со статическим крылом

Проектирование современных беспилотных систем

Проблемы проектирования самолета зависят от типа приложения, которое определяет зону покрытия, максимальную высоту, скорость, скороподъемность, время полета или выносливость, а также стабильность [14]. Все технические характеристики могут меняться в зависимости от области применения и воздействия окружающей среды. Большая высота определяет большую зону покрытия и повышает живучесть, хотя максимальная высота ограничена авиационными правилами. Скороподъемность также увеличивает живучесть. Время полета строго зависит от типа эксплуатации и аэродинамической схемы самолета. Основными компонентами подсистем самолета являются инерциальный измерительный блок, двигатели, воздушные винты и приемник, процессор и планер. Наиболее распространенными металлическими материалами для изготовления самолетов являются сплавы, алюминий и титан, тогда как неметаллические материалы включают прозрачный и армированный пластик [15]. Мультикоптер имеет N бесколлекторных моторов с N пропеллерами. Электронный регулятор скорости служит своей цели, изменяя мощность, подаваемую на двигатель, управляемую ручкой газа. Они могут летать в определенном направлении и регулировать высоту, то есть тангаж (по оси X , курс квадрокоптера), крен (по оси Y) и рыскание (по оси Z), получая входные данные от блока инерциальных измерений (IMU), состоящий из

трехосного акселерометра, гироскопа, который предоставляет необработанные данные по трем осям, и блока GPS.

Типичная наземная станция состоит из беспроводного маршрутизатора и компьютера для сбора, обработки и отображения данных. Как правило, наземная станция управления должна соответствовать таким требованиям, как архитектура открытой системы, совместимость с различными платформами, такими как бортовые, корабельные и наземные, обработка данных в режиме реального времени, возможность управления несколькими БПЛА, управление полезной нагрузкой и связь с другими наземными станциями управления. Другие функции безопасности и защиты, которые можно ожидать от наземной станции управления, включают предупреждения и план действий в чрезвычайных ситуациях в случае любого сбоя, восстановление отключения электроэнергии.

Он устанавливает канал связи между датчиками самолета и наземной станцией управления (GCS). Беспроводная связь IEEE 802.11 используется для связи между центральным блоком данных самолета и наземной станцией управления, для этой цели маршрутизаторы оснащены всенаправленными антеннами с высоким усилением, которые можно использовать для минимизации потерь в тракте и повышения отношения сигнал/шум. Теперь обычные дневные антенны работают на частоте 2,4 ГГц и минимальном усилении 12 дБи. Дополнительный беспроводной канал на основе мультиплексирования с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM)

используется для онлайн-передачи видео и изображений на наземную станцию.

С развитием дронов для выполнения таких приложений, как фотограмметрия, съемка фильмов, картографирование поля, цифровые модели высот, мониторинг и наблюдение, камеры, совместимые с БПЛА, такие как мультиспектральная камера, тепловизионная камера [16], гиперспектральная камера, цифровой фотоаппарат [17] и пленочные устройства формирования изображения. Часто камеры весом менее 12 фунтов. предпочтительнее для FPV-приложений, а для сельскохозяйственных приложений требуется как минимум 12-мегапиксельная камера.

Помимо мультиспектральных камер, тепловизионные и гиперспектральные камеры занимают лидирующие позиции в дистанционном зондировании с помощью дронов. Дроны, оснащенные термодатчиками, используются в горнодобывающей, нефтяной и газовой промышленности. Компания FLIR, коммерческий гигант, разработала тепловизионные камеры, совместимые с дронами. Гиперспектральные датчики на основе дистанционного зондирования регистрируют длины волн с узкими спектральными полосами, обычно 5 нм в видимом и ближнем ИК-диапазонах. Гиперспектральные изображения обеспечивают гораздо больше информации со сверхвысоким разрешением, когда вся информация наследуется в каждом пикселе, в отличие от мультиспектральных датчиков.

Растущая популярность беспилотных летательных аппаратов с их бесконечными возможностями заставляет нас искать методы сбора и анализа данных, чтобы использовать их с максимальным потенциалом. Поскольку сбор и обработка данных БПЛА — это длительный процесс, включающий сбор данных, предварительную обработку изображений, классификацию изображений для извлечения признаков, расчет математических уравнений на основе коэффициентов отражения, таких как индексы, а затем создание подходящей модели для визуализации результатов и интерпретации. В этом разделе документа описывается каждый шаг и проводится сравнение программного обеспечения, предназначенного для сбора и обработки данных с БПЛА. Этап сбора данных включает в себя планирование полета, маркировку наземных контрольных точек (GCP) для собранных образцов и сам полет БПЛА. Правильная предварительная обработка

с необходимой точностью данных БПЛА является ключевым шагом для разработки моделей, поскольку отсутствие предварительной обработки исказит последующие процессы и приведет к неверным результатам. Предварительная обработка данных БПЛА включает в себя выбор изображений, точную географическую привязку, ортотрансформацию и создание мозаики (выравнивание изображений с использованием контрольных точек изображения).

Разработка формы беспилотного авиационного комплекса SLP-1.

В рамках выполнения обзора, была разработана форма, подходящая для реализации беспилотной авиационной системы, для дальнего полета. Название системы соответствует названию проекта и версии данной системы. Внешний вид элементов системы представлен на рис.3

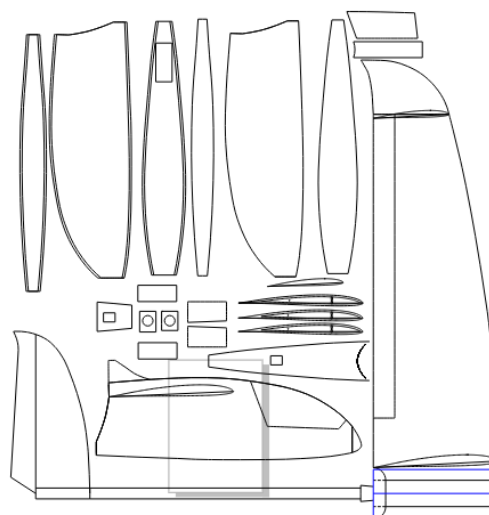


Рис. 3 - Структура формы беспилотника SLP-1

Данная система реализуется посредством увеличения базовой площади крыльев беспилотника. В стандартной вариации мультиротор не включает в себя крылья вообще, поэтому управление им осуществляется посредством разного по силе активирования тех или иных моторов, подобная система не нуждается в крыльях, однако потребляет огромное количество энергии. В самолетах с постоянным крылом, фюзеляж является наиболее значительной по размерам частью. В нашей системе предлагается использование большего по площади размера крыла, что приведет к более длительному времени полета, за счет возможности планирования.

Заключение.

Будущее поколение зависит от дронов; они создадут новый рынок. Дроны модернизированы и приняты практически на всех коммерческих рынках, включая точное земледелие, логистику и различные инфраструктуры. Технологии будущего сосредоточены на увеличении выносливости, полезной нагрузки, улучшении взаимодействия между человеком и БПЛА и

созданием четких правил и положений для безопасного управления и безопасной работы БПЛА. Кроме того, интеграция искусственного интеллекта с технологией беспилотных летательных аппаратов позволит дрону принимать решения и быть независимым от человека-контроллера. Исходя из проблематики существующих беспилотных систем была предложена форма беспилотника, подходящая для применения задач на дальних дистанциях

Список литературы

1. Гупта С.Г., Гонге М.М., Джавандхия П., «Обзор беспилотных авиационных систем (БАС)», Международный журнал перспективных исследований в области вычислительной техники и технологий (IJARCET), том. 2, стр. стр: 1646-1658, 2013.
2. Б. П. Тайс, «Беспилотные летательные аппараты: множитель силы 1990-х», *Airpower Journal*, vol. 5, стр. 41-54, 1991.
3. У. Э. Франке, «Гражданские дроны: решение проблемы с изображением?» Блог ИСН. Сеть международных отношений и безопасности. Получено, том. 5, 2015 г.
4. А. С. Уоттс, В. Г. Амброзия и Э. А. Хинкли, «Беспилотные авиационные системы в дистанционном зондировании и научных исследованиях: классификация и соображения использования», *Дистанционное зондирование*, том. 4, стр. 1671-1692, 2012 г.
5. Б. Бансод, Р. Сингх, Р. Такур и Г. Сингхал, «Сравнение технологий дистанционного зондирования на основе спутников и дронов для достижения устойчивого развития: обзор», *Журнал «Сельское хозяйство и окружающая среда для международного развития» (ДЖЕЙИД)*, т. 111, стр. 383-407, 2017.
6. М. Хассаналиан и А. Абделькефи, «Проектирование, изготовление и летные испытания микролетательного аппарата с неподвижным крылом и формой Циммермана», *Meccanica*, vol. 52, стр. 1265-1282, 2017.
7. Берд Р. В., Кингстон Д., Куигли М., Снайдер Д., Кристиансен Р., Джонсон В. и др., «Технологии автономных транспортных средств для малых БПЛА с неподвижным крылом», *Журнал аэрокосмических вычислений, информации и Связь*, том. 2, стр. 92-108, 2005.
8. Э. Бен-Дор, «Количественное дистанционное зондирование свойств почвы», 2002 г.
9. Р. Эхсани, С. Санкаран, Дж. Майя и Дж. К. Нето, «Доступная многороторная платформа дистанционного зондирования для приложений в точном садоводстве», *Международная конференция по точному земледелию*, 2014 г.
10. Р. Брайант, М. С. Моран, С. А. МакЭлрой, К. Холифилд, К. Дж. Том, Т. Миура и др., «Непрерывность данных спутникового приемника изображений Earth Observing 1 (EO-1) Advanced Land I (ALI) и Landsat. TM и ЭТМ+», *IEEE*
11. У. Оздемир, Ю. О. Актас, А. Вурускан, Ю. Дерели, А. Ф. Тархан, К. Демирбаг и др., «Проектирование коммерческой гибридной системы вертикального взлета и посадки БПЛА», *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, vol. 74, стр. 371-393, 2014.
12. К. М. Форнас, С. Дж. Дракли, Т. Уильям, Ф. Эспино и Дж. Кокс, «Картирование ландшафтов инфекционных заболеваний: беспилотные летательные аппараты и эпидемиология», *Тенденции в паразитологии*, том. 30, стр. 514-519, 2014 г.
13. Сингхал, Гаурав и Бансод, Бабанкумар и Мэтью, Лини. (2018). Классификация беспилотных летательных аппаратов, приложения и проблемы: обзор. 10.20944/препринты201811.0601.v1.
14. Э. Торун, «Требования к БПЛА и рассмотрение конструкции», *Командование сухопутных войск Турции, Анкара (Турция)*, 2000 г.
15. С. Soutis, "Композиты, армированные волокном, в авиастроении", *Progress in Aerospace Sciences*, vol. 41, стр. 143-151, 2005.
16. Дж. А. Берни, П. Дж. Зарко-Техада, Л. Суарес и Э. Феререс, «Тепловое и узкополосное мультиспектральное дистанционное зондирование для мониторинга растительности с беспилотного летательного аппарата», *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 47, стр. 722-738, 2009.
17. Дж. Юэ, Т. Лей, К. Ли и Дж. Чжу, «Применение дистанционного зондирования беспилотных летательных аппаратов для быстрого мониторинга вредителей сельскохозяйственных культур», *Intelligent Automation & Soft Computing*, vol. 18, стр. 1043-1052, 2012.

References

1. S. G. Gupta, M. M. Ghonge, and P. Jawandhiya, "Review of unmanned aircraft system (UAS)," *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)*, vol. 2, pp. pp: 1646-1658, 2013.
2. B. P. Tice, "Unmanned aerial vehicles: The force multiplier of the 1990s," *Airpower Journal*, vol. 5, pp. 41- 54, 1991.
3. U. E. Franke, "Civilian drones: Fixing an image problem?" *ISN Blog. International Relations and Security Network*. Retrieved, vol. 5, 2015

4. C. Watts, V. G. Ambrosia, and E. A. Hinkley, "Unmanned aircraft systems in remote sensing and scientific research: Classification and considerations of use," *Remote Sensing*, vol. 4, pp. 1671-1692, 2012
5. Bansod, R. Singh, R. Thakur, and G. Singhal, "A comparison between satellite based and drone based remote sensing technology to achieve sustainable development: a review," *Journal of Agriculture and Environment for International Development (JAEID)*, vol. 111, pp. 383-407, 2017.
6. M. Hassanalian and A. Abdelkefi, "Design, manufacturing, and flight testing of a fixed wing micro air vehicle with Zimmerman planform," *Meccanica*, vol. 52, pp. 1265-1282, 2017.
7. R. W. Beard, D. Kingston, M. Quigley, D. Snyder, R. Christiansen, W. Johnson, et al., "Autonomous vehicle technologies for small fixed-wing UAVs," *Journal of Aerospace Computing, Information, and Communication*, vol. 2, pp. 92-108, 2005.
8. E. Ben-Dor, "Quantitative remote sensing of soil properties," 2002.
9. R. Ehsani, S. Sankaran, J. Maja, and J. C. Neto, "Affordable multirotor Remote sensing platform for applications in precision horticulture," in the *International Conference on Precision Agriculture*, 2014.
10. R. Bryant, M. S. Moran, S. A. McElroy, C. Holifield, K. J. Thome, T. Miura, et al., "Data continuity of Earth Observing 1 (EO-1) Advanced Land I satellite imager (ALI) and Landsat TM and ETM+," *IEEE*
11. U. Ozdemir, Y. O. Aktas, A. Vuruskan, Y. Dereli, A. F. Tarhan, K. Demirbag, et al., "Design of a commercial hybrid VTOL UAV system," *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, vol. 74, pp. 371-393, 2014.
12. K. M. Fornace, C. J. Drakeley, T. William, F. Espino, and J. Cox, "Mapping infectious disease landscapes: unmanned aerial vehicles and epidemiology," *Trends in parasitology*, vol. 30, pp. 514-519, 2014
13. Singhal, Gaurav & Bansod, Babankumar & Mathew, Lini. (2018). *Unmanned Aerial Vehicle Classification, Applications and Challenges: A Review*. 10.20944/preprints201811.0601.v1.
14. E. Torun, "UAV Requirements and design consideration," *Turkish Land Forces Command Ankara (Turkey)*2000.
15. C. Soutis, "Fibre-reinforced composites in aircraft construction," *Progress in Aerospace Sciences*, vol. 41, pp. 143-151, 2005.
16. J. A. Berni, P. J. Zarco-Tejada, L. Suárez, and E. Fereres, "Thermal and narrowband multispectral remote sensing for vegetation monitoring from an unmanned aerial vehicle," *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 47, pp. 722-738, 2009.
17. J. Yue, T. Lei, C. Li, and J. Zhu, "The application of unmanned aerial vehicle remote sensing in quickly monitoring crop pests," *Intelligent Automation & Soft Computing*, vol. 18, pp. 1043-1052, 2012

РАЗДЕЛ 3. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ, ПРОМЫШЛЕННАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 504.4.054:628.19

СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСА ВОДОХРАНИЛИЩ В РЕСПУБЛИКЕ КРЫМ – КАК ПРОТИВОПАВОДКОВАЯ МЕРА

А. С. Бабинецкая¹, С. Р. Абдулаева², Г. А. Сигора³

^{1,2,3}ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Университетская 33,
г. Севастополь, 299053, Россия

¹akatsyki.kodgo@gmail.com, ²abdulaeva.sevilya@bk.ru, ³sigora1@yandex.ru

Аннотация

В статье рассмотрены актуальные проблемы опасности паводкоопасного периода в засушливом регионе на пример Республики Крым. Дана гидрологическая характеристика полуострова. Предложены варианты возможного решения как смягчения паводковой нагрузки на регион, так и стабилизации проблемы дефицита водных ресурсов в засушливые периоды года путем устройства каскада вододержащих сооружений. Подобран наиболее подходящий участок для строительства противопаводковых водохранилищ. Описаны конструктивные решения по вопросу строительства.

Ключевые слова: Противопаводковые водохранилища, выравнивание процессов стока, проблемы водообеспеченности, противопаводковая защита, водообеспеченность, водные ресурсы, дождевые паводки.

CREATION OF A COMPLEX OF RESERVOIRS IN THE REPUBLIC OF CRIMEA – HOW FLOOD PROTECTION MEASURE

A. S. Babinetskaya¹, S. R. Abdulaeva², G. A. Sigora³

^{1,2,3}Sevastopol State University, Universitetskaya St., 33, Sevastopol, 299053, Russian Federation,

¹akatsyki.kodgo@gmail.com, ²abdulaeva.sevilya@bk.ru, ³sigora1@yandex.ru

Abstract

The article deals with the actual problems of the danger of a flood-prone period in an arid region on the example of the Republic of Crimea. The hydrological characteristics of the peninsula are given. Options for a possible solution to both mitigating the flood load on the region and stabilizing the problem of water resources shortage during dry periods of the year by constructing a cascade of water-retaining structures are proposed. The most suitable site for the construction of flood control reservoirs has been selected. The constructive solutions on the issue of construction are described.

Keywords: Flood control reservoirs, equalization of runoff processes, water supply problems, flood protection, water supply, water resources, rain floods.

1. Введение

Жаркая и засушливая Крымская погода вызывает атмосферную засуху с существенным дефицитом осадков. В летний период устанавливается режим межени во всех речных бассейнах. К концу лета из-за недобора осадков в Крымских горах происходит дальнейшее истощение запасов карстовых и грунтовых вод, а в бассейнах селевых рек сохраняется пересыхание, что характерно для крымских рек в это время года.

В зимне-весенний период постоянное образование и таяние снежного покрова в горных районах, сопровождаемое выпадением

существенных осадков, часто в виде дождя, способствуют поддержанию повышенной водности в бассейнах большинства рек северного предгорья и ЮБК. Их количество неравномерно распределяется по всей территории. В таких условиях формируются тало-дождевые паводки во время которых уровни воды могут повышаться катастрофически.

(В годовом ходе уровня воды в реке можно выделить два периода: первый – с декабря по апрель, характеризующийся повышенными уровнями и частыми паводками за счет оттепелей с одновременным

выпадением дождей; второй – с мая по ноябрь, который отличается низкой меженью (вплоть до полного пересыхания), перекрываемой кратковременными, интенсивными, иногда катастрофическими подъемами уровней отливней.)

Учитывая это Крымский полуостров считается хоть и засушливым, но очень паводкоопасным регионом благодаря неустойчивому характеру погоды и постоянной смене полярных и тропических воздушных масс.

Создание в речном бассейне условий, благоприятствующих выравниванию процессов стока по поверхности водосборной площади и притоком в речную сеть является приоритетным направлением на территории Республики Крым. Учитывая, что расчистка русла не решает вопроса снижения паводка в населенных пунктах, расположенных в предгорьях, основной задачей при борьбе с паводками является проведение мероприятий по регулированию стока с помощью комплекса водохранилищ (накопителей воды). Данная мера является актуальной для Крымского полуострова так как направлена не только на предотвращение паводков, но и на перераспределение запасов водных ресурсов в течении всего года.

2. Выбор района с наиболее подходящими условиями для строительства комплекса водохранилищ

Строительство каскада накопителей воды в долинах таких рек как Салгир, Бельбек, Кача, Альма, Биюк-Карасу, Зуя с достаточными для практических целей объемами, в том числе с перекачкой воды в русло Северо-Крымского канала не реально в связи с отсутствием благоприятных геоморфологических условий. Низкие абсолютные отметки слабовыраженных надпойменных террас в долинах рек без дополнительного обвалования накопительных бассейнов не позволяют сохранять прилегающие пахотные земли от подтопления ирригационно-грунтовыми водами.

Кроме того, при наблюдающемся весьма незначительном среднегодовом речном стоке необходимо соблюсти требования обеспечения санитарного (экологического) попуска воды по руслу рек с транзитом его через рекомендуемые накопительные бассейны.

Невозможно обеспечить достаточный объем воды без сильного увеличения площадей накопителей, что приводит к

отчуждению прилегающих земель, в том числе пахотных.

Мелкие пруды быстро зарастают, сильно прогреваются.

Берега на участках расположения накопителей должны быть крутыми, их природное отсутствие требует больших затрат на земляные работы (обвалование).

Существующие весьма малые уклоны рек не создают условия для обеспечения необходимых глубин без строительства высоких дамб и плотин.

Большая площадь бассейнов при малой их глубине способствует значительному природному испарению с водной поверхности (при годовой норме осадков – 380 мм испаряемость с водного зеркала – 900-1000мм). При снижении запасов накопленных за зиму вод в летний (поливной) сезон неизбежно увеличение общей минерализации воды и ухудшению ее агрономических показателей.

Наиболее благоприятным районом для строительства комплекса противопаводковых накопителей воды является г. Судак и прилегающие населенные пункты, расположенные в долине р. Таракташ и ее притоках. Водосборная площадь реки в створе г.Судака составляет 156 км. За период наблюдений отмечалось прохождение нескольких больших паводков по г. Судаку. Катастрофический паводок наблюдался 15 июня 1948 г. с подъемом уровня воды на 2.5 м над условным нулем. Наибольший максимальный суточный расход воды р. Таракташ в створе г. Судака составил 53.1 м³/с. Так же 18 августа 2017 на городской округ Судак обрушилась непогода в виде обильного выпадения осадков. Следствием стало затопления частных домовладений в районе русла рек Суук-Су, Таракташ, Карагач и размыв дороги на трассе Симферополь – Судак. Потоками сели смыло несколько автомобилей в результате чего образовался затор протяженностью 50 метров.

Наибольший расход наблюдавшегося паводка на реке Таракташ в створе г. Судака (период наблюдений 1937 г. —1962г.) дождевого паводка за теплый период года составляет 21.1 м³/с (1946 г.), средние расходы паводков за многолетний период 7.16 м³/с, средний модуль стока 45.9 л/сек.

Все эти паводки наносили значительный материальный ущерб частным жилым строениям, коммуникациям, общественным и жилым зданиям города.

Город и прилегающие населенные пункты в долине реки и ее притоках практически не имеют защитных противопаводковых сооружений даже на расход 25% обеспеченности. В то же время большая часть поверхностных ресурсов, пригодных для водоснабжения города, во время паводков уходит в Черное море.

В настоящее время длина реки Таракташ перед городом Судак интенсивно застраивается частными жилыми усадьбами без каких-либо защитных противопаводковых гидротехнических сооружений. В годы повышенной водности это может привести к катастрофической ситуации с затоплением долины реки, жилой застройки паводковыми водами и нанесением экономического ущерба частному сектору, инженерным коммуникациям города.

Программа противопаводковой защиты городских земель от ливневых вод в настоящее время отсутствует, в связи с этим г. Судак остро нуждается в создании инженерной защиты, и строительства накопительных резервуаров для минимизации последствий прохождения паводков. При проектировании обязательна разработка различных вариантов их расположения, отметок горизонтов воды режимов эксплуатации для определения наиболее оптимального варианта, при котором достигается эффект уменьшения наводнений. А отрицательные последствия создания водохранилищ - наименьшие. Необходимо тщательно проработать вопросы формирования и развития природного комплекса не только на самом русле р. Таракташ в районе г. Судак, но и на территории всего ее бассейна.

3. Выбор оптимальных решений по строительству комплекса водохранилищ

Создание одного удерживающего резервуара на главной реке нецелесообразно, так как оно не снимает угрозу наводнений и приведёт к новым негативным последствиям. Поэтому зарегулирование собственного стока реки Таракташ и множества балок водосборной площади путем строительства комплекса водохранилищ является наиболее эффективной противопаводковой мерой. А так же данная мера может помочь в условиях вододефицита в засушливые периоды года путем аккумуляции и накопления паводочной части стока бассейна реки Таракташ.

Систему противопаводковых водохранилищ планируется построить с

помощью плотин различной высоты и протяженности. Для их устройства предполагается использовать естественные понижения местности, находящиеся на притоках – т.е. на некотором расстоянии от главной реки. Между рекой и понижением необходимо соорудить канал, по которому воды реки в половодье направляются в водохранилище, а в межень - обратно. На канале должны быть сооружения для регулирования его пропускной способности.

Поскольку наиболее благоприятными участками для размещения проектируемых накопителей воды являются естественные понижения местности - предполагается строительство нескольких крупных водохранилищ и комплекса прудов (дополнительных накопителей стока). Урочище Дар-Богаз является удобным местом для строительства первых крупных водохранилищ так как оно открывается в долину р. Таракташ, разделяясь на две самостоятельные балки - ущелье Дар-Богаз и урочище Айболы. Что является подходящим местом для возведения створа намечаемого водохранилища, объемом 2.5-3.0 млн. м³. Строительство другого створа намечаемого водохранилища предполагается на реке Карагач в 7 км к северо-западу от г. Судак, с объемом до 1.5 млн. м.

Несомненным плюсом является наличие на данных реках также серии родников, образующихся в результате разгрузки трещинно-карстовых вод из отложений нижнемелового— верхнеюрского возраста.

Наиболее удаленный родник имеет максимальный дебит 1.5 — 2 л/с, дебит других родников колеблется в пределах 0.5 — 1.0 л/с, вода пресная, минерализация 0.5 — соответствует ГОСТ 2874-82 "Вода питьевая".

Большинство родников заброшены, занесены делювием, обломками древесины, листьями. Имеющиеся каптажи не перехватывают всего потока разгружающихся вод, однако даже в маловодный период (т.е. меженный) из них можно получать 432 м³/сут. воды из расчета полного перехвата подземного стока.

Аналогичная ситуация наблюдается в урочище "Карагач", где при рекогносцировочном обследовании выявлено 12 родников дебитом от 0.2 л/с до 0.01 л/с.

Так же планируется сооружение нескольких прудов объемом 0.7-1.0 млн. м³ по течению реки Таракташ (Суук-Су) близ сел Лесное и Дачное.

Что касается строительства плотины, то к ней предъявляются два основных требования:

экономичность и возможность дозированного сброса воды из водохранилища.

Строго дозированный поток воды можно пропускать через плотину, установив в насыпи систему водоводов (из прудов в водохранилища – стальные трубы диаметром 800 мм; для переброски стока на очистные сооружения – полиэтиленовый водовод диаметром 400 мм). Необходимо учесть, что при малом диаметре труб велик риск того, что они будут засоряться попавшими в реку ветвями и деревьями.

Пропускать через плотину дозированный поток можно и без водосброса. Для этого необходимо возвести ее в виде насыпи из камня, гравия или щебня. Сток будет проходить через такую плотину, как через фильтр. Однако это небезопасная мера при строительстве водохранилищ, предназначенных для задержания паводков, в том числе и катастрофических.

4. Заключение

Поскольку проект противопаводковых водохранилищ как на главной реке, так и на притоках формировался с учетом рельефа

площади водосбора и степени разветвления речной сети задержание значительного объема паводковой воды достаточно эффективно.

С учетом этого возведенные плотины, перекрывающие поток реки или ее притока (формируя таким образом каскад водоудерживающих сооружений), распределяют прохождение паводка по времени, постепенно осуществляя спуск воды через водосбросы. Это исключает внезапность поступления паводковых вод и предотвращает резкий подъем уровня воды в населенных пунктах.

Намеченный комплекс позволит увеличить объем зарегулированного стока до 60 - 70%, что составляет около 3-3.5 млн. м³/год. Этого достаточно для ежегодной подачи в г. Судак 1.5 млн. м³ питьевой воды и удовлетворения нужд города на перспективу до 2030 года.

Все вышеизложенное ранее и доказывает эффективность использования противопаводковых водохранилищ для защиты от дождевых паводков и аккумуляции резерва водных ресурсов в Республике Крым.

Список литературы

1. Колосов М. А. Водохранилища-«ловушки» для защиты от наводнений / М. А. Колосов // Наука и жизнь. — 2003.
2. Кочарян А.Г., Лебедева И.П. Динамика создания водохранилищ в мировой практике XX и XXI веков. // Гидротехническое строительство. — 2014.
3. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Катастрофические наводнения начала XXI века: уроки и выводы. — М.: «ДЭКС-ПРЕСС».
4. Китаев А.Б., Михайлов А.В. Противопаводковые дамбы и водохранилища как мероприятия по борьбе с наводнениями (на примере г. Кунгура пермского края) // Современные наукоемкие технологии. — 2010.
5. Двинских С.А., Печеркин А.И., Лепихин А.П. Влияние водохранилищ на окружающую среду. Пермь, 1981.
6. Матарзин Ю.М. Гидрология водохранилищ. Учебн. пособие. — Пермь: Изд-во ПГУ, ПСИ, ПССГК, 2003.

References

1. Kolosov M. A. Reservoirs-“traps” for flood protection / M. A. Kolosov // Nauka and life. — 2003.
2. Kocharyan A.G., Lebedeva I.P. Dynamics of creation of reservoirs in the world practice of XX and XXI centuries. // Hydraulic engineering. — 2014.
3. Vorobyov Yu.L., Akimov V.A., Sokolov Yu.I. Catastrophic floods at the beginning of the 21st century: lessons and conclusions. - M.: "DEKS-PRESS".
4. Kitaev A.B., Mikhailov A.V. Flood protection damba and reservoirs as measures for flood control (on the example of Kungur, perm territory) // Modern science-intensive technologies. — 2010.
5. Dvinskikh S.A., Pecherkin A.I., Lepikhin A.P. The impact of reservoirs on the environment. Perm, 1981.
6. Matarzin Yu.M. Hydrology of reservoirs. Textbook allowance. - Perm: Publishing House of PGU, PSI, PSSGK, 2003.

УДК 504.062

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ I И II КЛАССА ОПАСНОСТИ

Ф.Ф. Ахметшина¹, Л.И. Осадчая², Л.А. Ничкова³

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053, e-mail: farida248@yandex.ru

²ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053, e-mail: lila1809@mail.ru

³ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053, e-mail: nichkova@sevsu.ru

Аннотация

В статье рассмотрены особенности управления и обращения с отходами I и II класса опасности. Особое внимание уделено организационному и информационному обеспечению деятельности по обращению с отходами I и II классов, которое с 1 марта 2022 года осуществляется на единой цифровой платформе – федеральной государственной информационной системе учета и контроля за обращением с отходами I и II классов опасности (ФГИС ОПВК). Данная система позволит экологически безопасно управлять всей цепочкой промышленных отходов от образования до переработки во вторичную продукцию. Выявлено, что образование отходов на территории города Севастополя в количественном и качественном составе определяется степенью развития промышленности и инфраструктуры города, основными направлениями экономической деятельности, составом населения, а также сезонными факторами. Поскольку преобладающими секторами экономической деятельности города являются добыча полезных ископаемых, строительство, сфера туризма и услуг, грузоперевозки, судоремонт, основные виды образующихся отходов по классам опасности составляют отходы III-V класса. Отходы I класса опасности представлены, в основном, отработанными ртутьсодержащими лампами и медицинскими термометрами. Отходы II класса опасности представлены отработанными свинцовыми и щелочными аккумуляторными батареями, и, в незначительной части, негодными химическими реагентами от исследовательских и аналитических лабораторий. Реализация интегрированной системы управления отходами позволит создать полную, актуальную базу данных, аккумулирующую всю информацию об отходах I и II классов, позволит перераспределить нагрузку на объекты инфраструктуры с учетом технологий обращения и логистики.

Ключевые слова: отходы I и II класса опасности, управление отходами, ФГИС ОПВК, федеральный экологический оператор, региональный оператор.

ABOUT THE FEATURES OF WASTE MANAGEMENT OF HAZARD CLASS I AND II

F.F. Akhmetshina¹, L.I. Osadchaya², L.A. Nichkova³

¹FSAEI HE Sevastopol State University, st. University, 33, Sevastopol, Russian Federation, 299053, e-mail: farida248@yandex.ru

²FSAEI HE Sevastopol State University, st. University, 33, Sevastopol, Russian Federation, 299053, e-mail: lila1809@mail.ru

³FSAEI HE Sevastopol State University, st. University, 33, Sevastopol, Russian Federation, 299053, e-mail: nichkova@sevsu.ru

Abstract

The article discusses the features of waste management and management of hazard class I and II. Special attention is paid to the organizational and information support of waste management activities of classes I and II, which from March 1, 2022 is carried out on a single digital platform – the federal state information system for accounting and control of waste management of hazard classes I and II (FGIS OPVC). This system will allow environmentally safe management of the entire chain of industrial waste from generation to recycling into secondary products. It is revealed that the formation of waste on the territory of the city of Sevastopol in quantitative and qualitative composition is determined by the degree of development of industry and infrastructure of the city, the main directions of economic activity, the composition of the population, as well as seasonal factors. Since the predominant sectors of the city's economic activity are mining, construction, tourism and services, cargo transportation, ship repair, the main types of waste generated by hazard classes are waste of class III-IV. Waste of hazard class I is mainly represented by spent mercury-containing lamps and medical thermometers. Waste of hazard class II is represented by spent lead and alkaline batteries, and, in a small part, unusable chemical reagents from research and analytical laboratories. The implementation of an integrated waste management system will create a complete, up-to-date database accumulating all information about waste of classes I and II, will redistribute the load on infrastructure facilities taking into account handling technologies and logistics.

Keywords: waste of hazard class I and II, waste management, FGIS OPVC, federal environmental operator, regional operator.

Введение

Неблагоприятная ситуация по утилизации опасных отходов, сложившаяся в России, представляет реальную угрозу здоровью населения и экологической безопасности государства. Проблема формирования безопасной и эффективной системы обращения с отходами I и II класса опасности является одной из наиболее сложных экологических проблем в Российской Федерации на всех уровнях управления [1]. На сегодняшний день институт регионального оператора введен только для твердых коммунальных отходов.

Федеральный классификатор отходов (ФККО) относит к отходам I-II классов 444 вида отходов:

- свинец-содержащие отходы (автомобильные и промышленные свинцово-кислотные аккумуляторы, отходы электрического кабеля);
- ртутьсодержащие отходы (различные виды люминесцентных ламп, приборы, шламы, шлаки, катализаторы, содержащие, ртуть);
- отходы химических источников тока (батарейки, источники бесперебойного питания, аккумуляторы);
- органические горючие отходы (в основном отходы химического и нефтехимического производства);
- водные неорганические отходы (отработанные растворы кислот, щелочей, гальваншламы);
- другие виды отходов.

Отходы I класса опасности содержат в значимых количествах чрезвычайно опасные вещества, воздействие которых нарушает экологическую систему в такой степени, что определить период восстановления экосистемы практически невозможно. В состав отходов I класса опасности входят фтороводород, соли свинца, таллий, диэтилртуть, теллур, циановодород и ряд других чрезвычайно опасных веществ. Эти вещества могут содержаться в ртутных термометрах, ртутных и люминесцентных лампах, асбестовой пыли, трансформаторах, конденсаторах, синтетических и минеральных маслах, антидетонационных присадках, а также в других материалах и оборудовании.

Отходы II класса опасности содержат в значимых количествах высокоопасные вещества, воздействие которых на окружающую среду приводит к серьезному нарушению экологического баланса. Это

литий, фенол, хлороформ, серная кислота, селен, сероводород, барий, формальдегид, сурьма, стирол, все нитриты, мышьяк, молибден и другие вещества. Восстановление экосистемы от последствий влияния этих веществ может произойти не раньше, чем через тридцать лет. Эти вещества содержатся в аккумуляторах, автопокрышках, маслах, щелочах, кислотах, гальванических элементах, остатках рафинирования нефтесодержащих отходов, свинцовых опилках, кислых смолах и в других материалах и оборудовании.

Класс опасности вида отходов зависит от их химического и компонентного состава, устанавливается на основании результатов специальных исследований каждого конкретного отхода. По результатам исследований, которые проводятся всеми организациями, в которых образуются отходы, Росприроднадзором ведется федеральный классификационный каталог отходов (ФККО) и банк данных об отходах (БДО). Каталог и банк данных содержат сведения обо всех видах отходов, образующихся на территории РФ, их классах опасности для окружающей среды, химическом или компонентном составе, агрегатном состоянии, видах экономической деятельности, при осуществлении которых образуются отходы [2].

Основная часть

С 1 марта 2022 года в соответствии с пунктом 4 статьи 14.2 Федерального закона от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» индивидуальные предприниматели, юридические лица, в результате хозяйственной и иной деятельности которых образуются отходы I и II классов опасности, федеральный оператор, операторы по обращению с отходами I и II классов опасности, региональные операторы по обращению с твердыми коммунальными отходами обязаны осуществлять свою деятельность в соответствии с федеральной схемой обращения с отходами I и II классов опасности [3]. В рамках реализации федерального проекта «Инфраструктура для обращения с отходами I-II классов опасности» в составе национального проекта «Экология» полномочиями по созданию комплексной системы по обращению с отходами I-II классов на территории Российской Федерации наделена Госкорпорация «Росатом».

Индивидуальные предприниматели и юридические лица, в результате деятельности которых образуются отходы I и II классов,

осуществляют обращение с данными отходами самостоятельно при наличии в собственности или на ином законном основании объектов обезвреживания и размещения отходов I и II классов, в иных случаях они передают данные отходы федеральному оператору в соответствии с договорами на оказание услуг.

Организационное, а также информационное обеспечение деятельности по обращению с отходами I и II классов между федеральным оператором, отходообразователями (в том числе обеспечивающими самостоятельное обращение с отходами), операторами по обращению с отходами I и II классов и региональными операторами по обращению с ТКО осуществляется на единой цифровой платформе – федеральной государственной информационной системе учета и контроля за обращением с отходами I и II классов опасности (ФГИС ОПВК). Данная система создана для экологически безопасного управления всей цепочкой промышленных отходов от образования до переработки во вторичную продукцию [4].

Образование отходов на территории города Севастополя в количественном и качественном составе определяется степенью развития промышленности и инфраструктуры города, основными направлениями экономической деятельности, составом населения, а также сезонными факторами.

Поскольку преобладающими секторами экономической деятельности города являются добыча полезных ископаемых, строительство, сфера туризма и услуг, грузоперевозки, судоремонт, основные виды образующихся отходов по классам опасности составляют отходы III-V класса опасности. Отходы I класса опасности представлены, в основном, отработанными ртутьсодержащими лампами и медицинскими термометрами (табл. 1). Отходы II класса опасности представлены отработанными свинцовыми и щелочными аккумуляторными батареями (табл. 1), и, в незначительной части, негодными химическими реагентами от исследовательских и аналитических лабораторий.

Централизованная система накопления, сбора и вывоза опасных и особо опасных отходов на территории Севастополя и Крыма отсутствует. Сведения об организациях, осуществляющих накопление опасных и особо опасных отходов в г. Севастополе представлены в таблице 2, перечень пунктов приёма батареек представлен в таблице 3 [5].

Таблица 1. Сведения об образовании отходов I и II классов опасности на территории г. Севастополя

Код отхода	Наименование отхода	Класс опасности	Образование отходов за год, тонн
1	2	3	4
Всего			237803,60
471101 01521	Лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные, утратившие потребительские свойства	I класс	4,2957
471920 00521	Отходы термометров ртутных	I класс	0,0105
Итого I класс опасности			4,3062
482200 00000	Батареи и аккумуляторы, утратившие потребительские свойства, кроме аккумуляторов для транспортных средств	II класс	0,1640
920110 01532	Аккумуляторы свинцовые отработанные неповрежденные, с электролитом	II класс	7,5218
Итого II класс опасности			7,6858

Таблица 2. Перечень организаций, осуществляющих накопление опасных и особо опасных отходов на территории Севастополя

№ п/п	Наименование организации	Адрес фактического местонахождения
11	ООО «УК «Центр»	Ленинский район, пл. Пирогова, 6А
22	ГУПС «Управляющая компания»	Ленинский район, ул. Генерала Хрюкина, 10
33	ГУПС «УК «Стрелецкая бухта»	Гагаринский район, ул. Дмитрия Ульянова, 16
44	ГУПС «УК «Гагаринского района-2»	Гагаринский район, ул. Тараса Шевченко, 11
55	ГУПС «УК «Север»	Нахимовский район (Северная сторона), ул. Михайловская, 13А
66	ГУПС «УК Балаклавского района»	Балаклавский район, ул. Новикова, 4
77	ГУПС «УК Инкерман»	г. Инкерман, ул. Менжинского, 9

Таблица 3. Перечень пунктов приёма батареек на территории Севастополя.

№ п/п	Ориентиры пункта приёма	Адрес пункта приёма
11	Магазин «Твоя полка» (справа от ТЦ «Диалог»)	ул. Большая Морская, 23
22	Комиссионный магазин (кроме ламп)	ул. И. Голубца, 40
43	«Лего-класс»	ул. Шевченко, 23А
44	Фитнес-студия «Fogma», 2-й этаж	бухта Стрелецкая, ул. Руднева, 32
55	Спортклуб «Сафари»	пр. Октябрьской революции, 48А
66	Магазин «Вольтмаркет»	ул. Богданова, 15
77	Вход со двора, дом напротив «РНКБ»	ул. Каманина, 5
88	Компьютерный магазин «Окей»	пр. Генерала Острякова, 42
99	ТЦ «Лебедь», 2-й этаж, магазин крымской косметики, возле входа в магазин «ШОК»	пр. Генерала Острякова, 192-Б
10	Территория завода Маяк – транспортная компания «М Транс Лайн»	Фиолентовское шоссе, 1/7
11	Магазин «Эконом-24», отдел электротоваров	ул. Борисова, 5

Список литературы

1. Ершов А. Г., Шубников В. Л. Концепция системы обращения с опасными отходами [<https://studylib.ru/doc/676979/koncepciya-sistemy-obrashheniya-s-opasnymi-otходami>]
2. Правительство города Севастополя. / Постановление от 27.12.19 года N 698-ПП об утверждении территориальной схемы города Севастополя в области обращения с отходами, в том числе с твердыми коммунальными отходами [<https://docs.cntd.ru/document/450264657/titles/1LHEER7>]
3. РОСПРИРОДНАДЗОР. / Об особенностях работы с отходами I и II классов опасности с 1 марта 2022 года. [<https://rpn.gov.ru/regions/25/intro/news/ob-osobennostyakh-raboty-s-otkhodami-i-i-ii-klassov-opasnosti-s-1-marta-2022-goda-5758065.html>]
4. ФГИС ОПВК / Инфраструктура для обращения с отходами I-II классов опасности. [<https://rosfeo.ru/deyatelnost/federalnaya-sxema-i-gis-obrashheniya-s-otходami-i-ii-klassov/>]

References

1. Ershov A. G., Shubnikov V. L. Concept of hazardous waste management system [<https://studylib.ru/doc/676979/koncepciya-sistemy-obrashheniya-s-opasnymi-otходami>]
2. The Government of the city of Sevastopol. / Resolution No. 698-PP of 27.12.19 on the approval of the territorial scheme of the city of Sevastopol in the field of waste management, including solid municipal waste [<https://docs.cntd.ru/document/450264657/titles/1LHEER7>]
3. Rosprirodnadzor. / About the specifics of working with waste of hazard classes I and II from March 1, 2022. [<https://rpn.gov.ru/regions/25/intro/news/ob-osobennostyakh-raboty-s-otkhodami-i-i-ii-klassov-opasnosti-s-1-marta-2022-goda-5758065.html>]
4. FGOS APK / Infrastructure for waste management of hazard classes I-II. [<https://rosfeo.ru/deyatelnost/federalnaya-sxema-i-gis-obrashheniya-s-otходami-i-ii-klassov/>]

Заключение

Таким образом, государство путём совершенствования действующего законодательства в сфере обращения с опасными отходами должно обеспечить непрерывность, самокупаемость и безопасность для окружающей среды всех этапов обращения с отходами.

Реализация интегрированной системы управления отходами позволит создать полную, актуальную базу данных, аккумулирующую всю информацию об отходах I и II классов, позволит перераспределить нагрузку на объекты инфраструктуры с учетом технологий обращения и логистики. Кроме того преимуществами ФГИС ОПВК является возможность формирования отчетности, анализа целевых показателей в области обращения с отходами I-II классов опасности, контроля за соблюдением схемы потоков отходов в целях избегания образования несанкционированных свалок.

УДК 656.085

АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ НА ПРИМЕРЕ ООО «КРЫМПРОПАН»

А.Э. Сулейманов¹, Е.И. Азаренко²

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053, e-mail: ayder.s@bk.ru

²ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053, e-mail: e.i.azarenko@yandex.ru

Аннотация

Анализируются факторы и причины возникновения и развития аварий на опасных производственных объектах, на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах, к которым относится ООО «Крымпропан». Показано, что потенциальными причинами и факторами возникновения аварий являются наличие на объектах больших объемов опасных веществ, транспортирование таких веществ под высоким давлением, эксплуатация оборудования под давлением при высоких температурах, наличие на объекте периодических процессов и переходных режимов работы оборудования, а также коррозионная активность опасных веществ, отказы технологического оборудования, ошибки персонала при ведении технологического процесса, производстве профилактических и ремонтных, особенно сварочных работ на оборудовании объекта, а также внешние факторы природного, техногенного характера и преднамеренные действия. В целях оценки уровня опасности отдельных участков территории предприятия, предложена группировка аварий по территориально-производственному признаку в три основные группы: аварии зоны приема опасного вещества, аварии зоны производственного процесса, аварии зоны хранения, охарактеризована потенциальная опасность каждой зоны. Рассмотрен комплекс мероприятий по охране труда, проблемы охраны труда и промышленной безопасности на опасных производственных объектах, необходимые для снижения аварийности виды работ, реализуемые в рамках системы управления промышленной безопасностью.

Ключевые слова: опасный производственный объект, промышленная безопасность, авария, пожароопасное вещество, взрывоопасное вещество, коррозионная активность, пожарная безопасность, технологическая безопасность, система управления промышленной безопасностью, государственный надзор за деятельностью опасных производственных объектов.

ANALYSIS OF THE CAUSES OF ACCIDENTS AND MEASURES OF SAFETY LEVEL IMPROVING AT HAZARDOUS PRODUCTION FACILITIES ON THE EXAMPLE OF KRYMPROPAN LLC

A.E. Suleymanov¹, E.I. Azarenko²

¹FSAEI HE Sevastopol State University, st. University, 33, Sevastopol, Russian Federation, 299053, e-mail: ayder.s@bk.ru

²FSAEI HE Sevastopol State University, st. University, 33, Sevastopol, Russian Federation, 299053, e-mail: e.i.azarenko@yandex.ru

Abstract

The factors and causes of the occurrence and development of accidents at hazardous production facilities, at explosive and fire hazardous and chemically hazardous production facilities, which include Krympropan LLC, are analyzed. It is shown that the potential causes and factors of accidents are the presence of large volumes of hazardous substances at the facilities, the transportation of such substances under high pressure, the operation of equipment under pressure at high temperatures, the presence of periodic processes and transient modes of equipment operation at the facility, as well as corrosive activity of hazardous substances, failures of technological equipment, personnel errors in the conduct of the technological process, the performance of preventive and repair work, especially welding, on the equipment of the facility, as well as external factors of a natural, man-made nature and deliberate actions. In order to assess the level of danger of individual sections of the territory of the enterprise, a grouping of accidents according to the territorial and production sign into three main groups is proposed: accidents in the hazardous substance intake zone, accidents in the production process zone, accidents in the storage zone, and the potential danger of each zone is characterized. A set of measures for labor protection, problems of labor protection and industrial safety at hazardous production facilities, the types of work necessary to reduce the accident rate, implemented within the framework of the industrial safety management system, are considered.

Keywords: hazardous production facility, industrial safety, accident, flammable substance, explosive substance, corrosivity, fire safety, technological safety, industrial safety management system, state supervision of hazardous production facilities

1. Введение.

Анализ сведений об аварийных ситуациях, имевших место за всё время эксплуатации различных опасных производственных объектов, показывает, что аварии возникали при нарушении правил технологической, пожарной и технической безопасности [1]. При этом 100 % возгораний было связано с нарушением техники безопасности при проведении ремонтных и эксплуатационных работ.

2. Основные причины возникновения аварий на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах.

Проведенный анализ показал, что факторы, способствующие возникновению и развитию аварийных ситуаций на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах, к которым относится ООО «Крымпропан», можно сгруппировать следующим образом:

- наличие больших масс легковоспламеняющихся и горючих углеводородных жидкостей, способных в закрытых объёмах (помещения, незаполненные резервуары) создавать взрывоопасные концентрации паровоздушных смесей;
- отказы технологического оборудования (локальные утечки через фланцевые соединения, сварные швы, запорную арматуру, торцевые уплотнения насосов и т.д., отказы в результате коррозионной активности опасных веществ), которые при несвоевременном устранении и локализации могут привести к развитию аварийной ситуации и полному разрушению оборудования;
- транспортирование опасных веществ под высоким давлением и эксплуатация оборудования под давлением при высоких температурах;
- наличие на объекте периодических процессов и переходных режимов работы оборудования;
- ошибки персонала при ведении технологического процесса сливно-наливных операций, профилактических и ремонтных работ и, особенно, при производстве сварочных работ на оборудовании и территории опасного производственного объекта;

- внешние факторы природного, техногенного характера и преднамеренные действия: диверсии, военные действия, характеризуются незначительной вероятностью реализации событий.

Причинами аварийных ситуаций могут быть [1]: разрывы или нарушение герметичности технологического оборудования; разрывы или нарушение герметичности трубопроводов; выбросы, вызванные поломками технологического оборудования, в результате преднамеренных или непреднамеренных действий третьих лиц; выбросы, произошедшие в результате переполнения емкостного оборудования или увеличения давления в них выше предельно допустимых значений, включая неадекватные действия операторов, отказы предохранительных клапанов; выбросы из-за неисправностей в соединительных устройствах и т.п. Для укрупненной оценки все описанные аварии могут быть сгруппированы по территориально-производственному признаку [2] в три основные группы:

- аварии, произошедшие в зоне приема опасного вещества (сливная автомобильная или железнодорожная эстакада);
- аварии, произошедшие в зоне производственного процесса;
- аварии, произошедшие в зоне хранения.

Опасность производственной зоны обусловлена в основном проведением части технологических процессов под избыточным давлением и при высоких температурах. Наличие высоких давлений и температур в технологическом оборудовании повышает вероятность его разгерметизации (изменение свойств веществ и конструкционных материалов).

Повышенная опасность зоны приема жидкого аммиака определяется наличием “временных” соединений и ручных операций, что оказывает значительное влияние на вероятность возникновения аварий, как из-за ошибок операторов, так и отказов стыковых узлов.

Потенциальная опасность зоны хранения, прежде всего, обусловлена концентрацией на ограниченной территории больших объемов опасного вещества.

3. Безопасность и охрана труда на опасных производственных объектах.

Соблюдение норм охраны труда, технологии производства работ и условий безопасной эксплуатации оборудования

способствует существенному сокращению аварийности, производственного травматизма и профзаболеваемости на опасных производственных объектах. Но значительное число предприятий не обеспечивают безопасные условия труда, в связи с недостаточным выделением средств на охрану труда, износом оборудования, несоответствием уровня образования работников характеру выполняемой работы, не своевременным прохождением медосмотров и так далее.

Обязанность работодателя – создание и сохранение на предприятии таких условий труда, которые способствовали бы сокращению факторов, приводящих к авариям, производственным травмам, профессиональным заболеваниям или другим неблагоприятным последствиям для работников.

Работодатель должен установить для работников режим труда и отдыха, обучать работников безопасным методам и приемам выполнения работ, организовать проведение медицинских осмотров, предоставить информацию об условиях труда. Работник опасного производственного объекта должен быть проинформирован о вреде для его здоровья, какие меры защиты применяются в той или иной ситуации, какие гарантии и компенсации выплачиваются по причине воздействия на него вредных веществ, (повышенная оплата труда, сокращенная продолжительность рабочего дня) [3].

Однако, на ряде опасных производственных объектов не проводятся мероприятия по профилактике производственного травматизма и профзаболеваемости, а, следовательно, работники рискуют своей жизнью и здоровьем.

Эффективной мерой, обеспечивающей снижение числа нарушений в сфере безопасности и охраны труда на опасных производственных объектах, является контроль и надзор за соблюдением норм безопасности со стороны государства.

Контроль и надзор имеют огромное значение для эффективной деятельности организации, способствует к стимулированию должного исполнения работниками трудовых обязанностей, что, несомненно, приводит к снижению производственных травм на предприятиях, предоставляет руководителю информацию о состоянии дел на предприятии, позволяет своевременно разработать мероприятия по улучшению условий труда [4].

4. Роль системы управления промышленной безопасностью на опасных производственных объектах в повышении безаварийности производства.

Система управления промышленной безопасностью (СУПБ) – комплекс взаимосвязанных организационных и технических мероприятий, осуществляемых организацией, эксплуатирующей опасные производственные объекты, в целях предупреждения аварий и инцидентов на опасных производственных объектах, локализации и ликвидации последствий таких аварий. Понятие СУПБ, а также случаи, когда возникает обязанность обеспечивать функционирование этой системы, определяются Федеральным законом от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (ред. 01.07.2021). Как видно из понятия, СУПБ является инструментом управления, который обеспечивает:

- определение целей и задач организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты, в области промышленной безопасности, информирование общественности о данных целях и задачах;
- идентификацию, анализ и прогнозирование риска аварий на опасных производственных объектах и связанных с такими авариями угроз;
- планирование и реализацию мер по снижению риска аварий на опасных производственных объектах, в том числе при выполнении работ или оказании услуг на опасных производственных объектах сторонними организациями либо индивидуальными предпринимателями;
- координацию работ по предупреждению аварий и инцидентов на опасных производственных объектах;
- осуществление производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности;
- безопасность опытного применения технических устройств на опасных производственных объектах;
- своевременную корректировку мер по снижению риска аварий на опасных производственных объектах;
- участие работников организаций, эксплуатирующих опасные производственных объектах, в разработке и

реализации мер по снижению риска аварий на опасных производственных объектах;

- информационное обеспечение осуществления деятельности в области промышленной безопасности.

Важнейшим элементом СУПБ, обеспечивающим снижение риска аварий, является производственный контроль, в соответствии с п. 4 «Правил организации и осуществления производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах».

5. Заключение.

Несмотря на предпринимаемые меры в области промышленной безопасности, полностью исключить вероятность возникновения аварий практически невозможно [5].

В большинстве случаев аварии вызываются нарушением технологии производства, правил эксплуатации оборудования, машин и механизмов, низкой трудовой и технологической дисциплиной, несоблюдением мер безопасности,

отсутствием должного надзора за состоянием оборудования.

Аварии, связанные с ошибочными действиями персонала связаны с недостатками организации охраны труда на опасных объектах. К таким причинам аварий и травматизма относятся отсутствие спецодежды, не накапливающей статического электричества и спецобуви без металлических набоек и гвоздей, вызывающих при трении искры, средств индивидуальной защиты не прошедших периодический осмотр и испытание, использование при производстве работ неисправного и не предназначенного для этих целей инструмента, не прошедшего техническое освидетельствование, несвоевременное устранение неполадок, эксплуатация неисправного оборудования, недооценка опасности дефектов, проведение ремонтных работ в условиях загазованности, нарушение инструкций и регламента работ.

Аварийность, вызванную причинами организационного характера, позволят существенно снизить совершенствование системы управления охраной труда и системы управления промышленной безопасностью на опасных производственных объектах.

Список литературы

1. Егоров, А.Ф. Анализ риска, оценка последствий аварий и управление безопасностью химических и нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств / А.Ф. Егоров, Т.В. Савицкая. – М.: КолосС, 2018. – 526 с.
2. Егоров, А.Ф. Управление безопасностью химических производств на основе новых информационных технологий / А.Ф. Егоров, Т.В. Савицкая. – М.: КолосС, 2018. – 416 с.
3. Гридин, А.Д. Охрана труда и безопасность на вредных и опасных производствах / А.Д. Гридин. – М.: Альфа-Пресс, 2018. – 160 с.
4. Маткаримов А. М. Проблема охраны труда и промышленная безопасность на опасных производственных объектах // Достижения науки и образования. – 2017. – №6 (19). – С. 102-103.
5. Кукин, В.Л. Безопасность жизнедеятельности. Производственная безопасность и охрана труда / В.Л. Кукин. – М.: Высшая школа, 2017. – 439 с.

References

1. Egorov, A.F. Analiz riska, ocenka posledstvij avarij i upravlenie bezopasnost`yu ximicheskix i neftepe-rerabaty`vayushhix i nefteximicheskix proizvodstv / A.F. Egorov, T.V. Saviczskaya. – M.: KolosS, 2018. – 526 c.
2. Egorov, A.F. Upravlenie bezopasnost`yu ximicheskix proizvodstv na osnove novy`x informacionny`x tex-nologij / A.F. Egorov, T.V. Saviczskaya. – M.: KolosS, 2018. – 416 c.
3. Gridin, A.D. Oxrana truda i bezopasnost` na vredny`x i opasny`x proizvodstvax / A.D. Gridin. – M.: Al`-fa-Press, 2018. – 160 c.
4. Matkarimov A. M. Problema ohrany` truda i promy`shlennaya bezopasnost` na opasny`x proizvodstvenny`x ob`ektax // Dostizheniya nauki i obrazovaniya. – 2017. – №6 (19). – S. 102-103.
5. Kikin, V.L. Bezopasnost` zhiznedeyatel`nosti. Proizvodstvennaya bezopasnost` i ohrana truda / V.L. Ku-kin. – M.: Vysshaya shkola, 2017. – 439 c.

УДК 504.4.054:628.19

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РОДНИКОВЫХ ВОД СЕВАСТОПОЛЬСКОГО РЕГИОНА

Т.Ю. Хоменко¹, Г.А. Сигора²

^{1,2}ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», ул. Университетская, 33, г. Севастополь, 299053, Российская Федерация, e-mail: tamara_homenko93@mail.ru

Аннотация

В статье рассмотрена актуальность проблемы оценки качества родниковых вод Севастопольского региона. Приведены гигиенические требования к качеству питьевой воды и методика расчета индекса загрязненности. Представлены результаты научных исследований по оценке качества подземных вод (родники, скважины, колодцы) за период с 2019 по 2021 год. Приводятся результаты расчета индекса загрязненности воды и методика ранжирования исследуемых источников по классам качества и группам загрязненности. Представлен перечень показателей, которые имеют наибольшие приведенные концентрации (отношение $C_i/ПДК_i$).

Ключевые слова: Интегральная оценка, родниковые воды, класс качества, индекс загрязненности воды, Севастопольский регион.

INTEGRAL ASSESSMENT OF THE QUALITY OF SPRING WATERS IN THE SEVASTOPOL REGION

Т.Yu. Khomenko¹, G.A. Sigora²

^{1,2} Sevastopol State University, Universitetskaya St., 33, Sevastopol, 299053, Russian Federation, e-mail: tamara_homenko93@mail.ru

Abstract

The article considers the relevance of the problem of assessing the quality of spring waters in the Sevastopol region. The hygienic requirements for the quality of drinking water and the methodology for calculating the pollution index are given. The results of scientific research on assessing the quality of groundwater (springs, wells, wells) for the period from 2019 to 2021 are presented. The results of the calculation of the water pollution index and the method of ranking the studied sources by quality classes and pollution groups are presented. A list of indicators that have the highest reduced concentrations.

Keywords: Integral assessment, spring waters, quality class, water pollution index, Sevastopol region.

1. Введение

Открытые водоемы и подземные водоисточники относятся к объектам Государственного санитарного надзора. В соответствии с федеральным законом «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» за качеством питьевой воды должен осуществляться государственный санитарно-эпидемиологический надзор и производственный контроль.

В настоящее время антропогенное воздействие на гидросферу значительно возросло, поэтому количество нормируемых показателей постоянно увеличивается.

Действующими нормативами в Российской Федерации являются: СанПиН 2.1.4.1175 – 02. Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников [1], СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных

систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения [2]. Согласно требованиям СанПиН вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства (цветность, запах, привкус, мутность). Для оценки качества воды используют стандарты предельно-допустимых концентраций (ПДК) веществ – максимальных концентраций, при которых вещества не оказывают прямого или опосредованного влияния на состояние здоровья населения (при воздействии на организм в течение всей жизни) и не ухудшают гигиенические условия водопользования.

Качество питьевых вод определяется физико-химическими, физическими и бактериологическими свойствами.

Показатели качества и нормы качества воды не являются жестко установленными и неизменными. С ухудшением состояния окружающей среды в результате ее загрязнения, установлением причинно-следственной связи между количественной и качественной характеристиками загрязнения изменяются показатели и нормы качества. Как правило, они становятся более жесткими.

В соответствии с нормативными требованиями качество питьевой воды оценивают по следующим показателям [1]:

- микробиологические и паразитологические;
- органолептические;
- радиологические;
- обобщенные;
- остаточные количества реагентов;
- химические вещества.

На сегодняшний день достаточно разработаны и продолжают совершенствоваться принципы интегральной оценки геоэкологического состояния подземных вод по комплексу факторов.

2. Методика расчета индекса загрязненности воды

Результаты гидрохимических анализов по множеству показателей дают возможность определять классы качества воды в виде интегральной характеристики загрязненности воды.

Классы качества определяются по индексу загрязненности воды (ИЗВ), которая рассчитывается как сумма приведенных к ПДК фактических значений основных показателей качества по формуле (1):

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}, \quad (1)$$

где: C_i – среднее значение определяемого показателя за период наблюдений (при гидрохимическом мониторинге это среднее значение за год);

n – количество показателей, являющихся для данного водного объекта наиболее неблагоприятными, или которые имеют наибольшие приведенные концентрации (отношение $C_i/\text{ПДК}_i$);

ПДК_i – предельно-допустимая концентрация для данного загрязняющего вещества.

Для расчета ИЗВ показатели выбираются независимо от лимитирующего признака вредности, однако при равенстве приведенных

концентраций предпочтение отдается веществам, имеющим санитарно-токсикологический признак вредности (как правило, такие вещества обладают относительно большей токсичностью) [3].

В зависимости от полученного ИЗВ водные объекты классифицированы по степени загрязнения следующим образом, таблица 1.

Таблица 1. Характеристики интегральной оценки качества воды

ИЗВ	Класс качества воды	Оценка качества (характеристика) воды
Менее и равно 0,2	I	Очень чистые
Более 0,2-1	II	Чистые
Более 1-2	III	Умеренно загрязненные
Более 2-4	IV	Загрязненные
Более 4-6	V	Грязные
Более 6-10	VI	Очень грязные
Свыше 10	VII	Чрезвычайно грязные

3. Результаты оценки качества родниковых вод Севастопольского региона

С 2019 года сотрудниками кафедры «Техногенная безопасность и метрология» СевГУ ведутся исследования качества родниковых вод Севастопольского региона. На сегодняшний день результатом работы стала интерактивная экологическая карта родников, которая находится в открытом доступе на сайте <https://sevrodnik.ru/>, а также ряд публикаций, где представлены основные результаты исследований [4-7].

Для каждого исследуемого источника разработан экологический паспорт, где приводится информация о химическом составе воды и размещены фотографии исследуемого источника.

На карте обозначены места расположения родников, скважин, колодцев в цветовой гамме, которая характеризует степень загрязненности родниковых вод: зеленый цвет обозначает группу «чистых источников», желтый цвет – группу «условно чистых», красный цвет – «загрязненных». При ранжировании также учитывались следующие критерии: химическое загрязнение, динамика изменения концентрации загрязняющих веществ, близость к береговой линии [5].

Класс качества воды определяется по индексу загрязненности, а интегральная оценка по более упрощенной классификации (таблица 2).

Таблица 2. Шкала интегральной оценки качества родниковых воды

ИЗВ	Класс качества воды	Оценка качества (характеристика) воды
Менее и равно 0,5	I	Чистые
Более 0,5-1	II	Условно чистые
Более 1	III - VII	Загрязненные

Для расчета индекса загрязненности воды выбраны показатели, которые имеют наибольшие приведенные концентрации (отношение $C_i/ПДК_i$). Перечень данных показателей представлен в таблице 3.

Индекс загрязненности воды рассчитывается по формуле 1.

Таблица 3. Перечень показателей для расчета ИЗВ

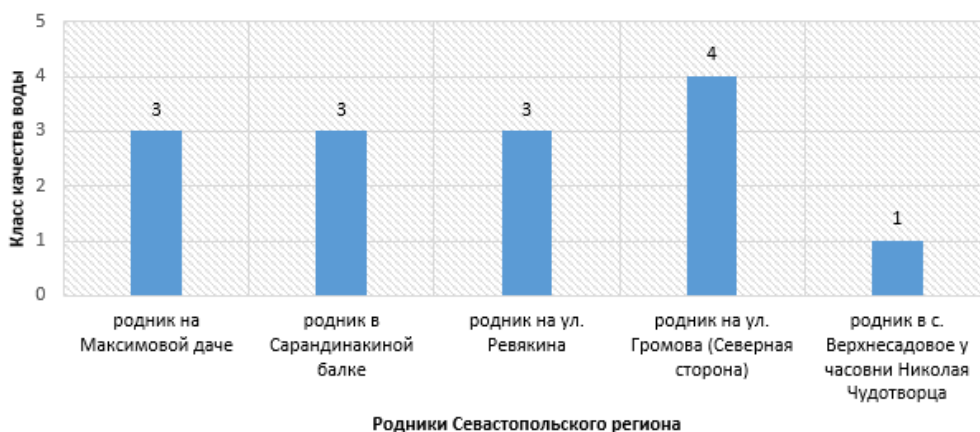
Показатель	Единица измерения	Норматив (ПДК)
Нитрат-ионы	мг/дм ³	45
Жесткость общая	мг-экв/дм ³	7
Хлориды	мг/дм ³	350
Сульфаты	мг/дм ³	500
Общая минерализация	мг/дм ³	1000

Таблица 4. Результаты расчета ИЗВ для родниковых вод Севастопольского региона

№	Источник	Нитраты, мг/дм ³	Ср/ПДК	Жесткость, мг-экв/дм ³	Ср/ПДК	Хлориды, мг/дм ³	Ср/ПДК	Сульфаты, мг/дм ³	Ср/ПДК	Общая минерализация, мг/дм ³	Ср/ПДК	ИЗВ	Класс качества воды		
1	Родник на Максимовой даче	274,65	6,10	7	1	250	0,71	122,32	0,24	521,36	0,52	1,7	Более 1-2	III	Загрязненные
2	Родник в Сарандинакиной балке	219,54	4,88	6,88	0,98	214,98	0,86	134,31	0,27	562,4	0,56	1,5	Более 1-2	III	Загрязненные
3	Родник на ул. Ревякина	173,91	3,86	6,94	0,99	198,18	0,57	89,09	0,18	736,53	0,74	1,3	Более 1-2	III	Загрязненные
4	Родник на ул. Громова	186,79	4,15	14,68	2,10	553,39	1,58	217,31	0,43	1368,43	1,37	2,0	Более 2-4	IV	Загрязненные
5	Родник в с. Верхнесадовое	1,98	0,04	2,67	0,38	110,83	0,32	72,95	0,15	343,74	0,34	0,3	Менее 0,5	I	Чистые

На рис. 1 представлена диаграмма распределения исследуемых источников

родниковых вод по классам качества воды и группам загрязненности.

**Рис. 1 – Ранжирование источников по классу качества воды**

4. Заключение

Интегральная оценка качества родниковых вод Севастопольского региона является весьма условной, так как в число основных, так называемых «лимитируемых» показателей, при расчете ИЗВ должны входить в обязательном порядке концентрация растворенного кислорода и значение БПК₅.

Из-за отсутствия возможности измерять данные показатели на базе лаборатории кафедры, они не были включены в расчет.

Необходимые приборы были закуплены только в конце 2021 года.

В данном исследовании активное участие принимают студенты (бакалавры, магистры, аспиранты) в рамках выполнения лабораторных и выпускных квалифицированных работ. Поэтому, целью дальнейшей работы является обновление имеющихся результатов исследования и проведение новых.

Список литературы

1. СанПиН 2.1.4.1175 – 02. Требования к качеству воды нецен-трализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников: утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 17.11.02. – М.: МинюстРФ, 2002. – 17 с.
2. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требо-вания к качеству воды централизованных систем питьевого водо-снабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспе-чению безопасности систем горячего водоснабжения: утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 26.09.01: взамен СанПиН 2.1.4.559-96 . – М.: МинюстРФ, 2001. – 46 с.
3. Глотова, Н.В. Мониторинг среды обитания: Учебное пособие к практическим занятиям. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 22 с.
4. Сигора Г.А., Хоменко Т.Ю., Ляшко Т.В., Ничкова Л.А. Проблема исследования экологического со-стояния родников Севастопольского региона // Экономика строительства и природопользования, Симферо-поль. - 2019. - № 1(70). - С. 115-123.
5. Сигора Г.А., Хоменко Т.Ю., Ляшко Т.В., Шевцова Ж.А., Ничкова Л.А. Критерии ранжирования ка-чества родниковых вод Севастопольского региона // Экономика строительства и природопользования, Симферополь. - 2019. - № 4 (73). - С. 16-23.
6. Сигора Г.А., Хоменко Т.Ю., Ничкова Л.А. Проблемы обеспечения экологически безопасного состо-яния в рекреационных зонах г. Севастополя // Экономика строительства и природопользования, Симферо-поль. - 2020. - № 2(75). - С. 125-132.
7. Сигора Г.А., Хоменко Т.Ю., Ничкова Л.А. Разработка методического обеспечения экологического мониторинга подземных вод Севастопольской области // Системы контроля окружающей среды. – 2020. - № 2 (40). – С. 5-12.

References

1. Sanitary rules and regulations 2.1.4.1175 - 02. Water quality requirements for non-centralized water supply. Sanitary protection of sources: approved. Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation 17.11.02. - M.: Ministry of Justice of the Russian Federation, 2002. - 17 p.
2. Sanitary rules and regulations 2.1.4.1074-01. Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control. Hygienic requirements for ensuring the safety of hot water supply systems: approved. Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation 09/26/01: instead of SanPiN 2.1.4.559-96. - M.: Ministry of Justice of the Russian Federation, 2001. - 46 p.
3. Glotova, N.V. Habitat monitoring: A textbook for practical exercises. - Chelyabinsk: Publishing House of SUSU, 2006. - 22 p.
4. Sigora G.A., Khomenko T.Yu., Lyashko T.V., Nichkova L.A. The problem of studying the ecological state of the springs of the Sevastopol region // Economy of construction and environmental management, Simferopol. - 2019. - No. 1 (70). - S. 115-123.
5. Sigora G.A., Khomenko T.Yu., Lyashko T.V., Shevtsova Zh.A., Nichkova L.A. Criteria for ranking the quality of spring waters in the Sevastopol region // Economy of construction and environmental management, Simferopol. - 2019. - No. 4 (73). - S. 16-23.
6. Sigora G.A., Khomenko T.Yu., Nichkova L.A. Problems of ensuring an ecologically safe state in the recreational zones of Sevastopol // Economics of construction and environmental management, Simferopol. - 2020. - No. 2 (75). - S. 125-132.
7. Sigora G.A., Khomenko T.Yu., Nichkova L.A. Development of methodological support for environmental monitoring of groundwater in the Sevastopol region // Environmental control systems. - 2020. - No. 2 (40). - S. 5-12.

УДК 377.41

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧС НА ТЕРРИТОРИИ КРЫМА И СЕВАСТОПОЛЯ В РАМКАХ ПОСТРОЕНИЯ, РАЗВИТИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД»

Малюков А.Н.

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России
г. Иваново, 153040 г. Иваново, пр. Строителей, 33 e-mail: edufire@mail.ru

Аннотация

В рамках системы «Безопасный город» могут быть реализованы задачи обеспечения охраны и безопасности объектов городской инфраструктуры различного назначения: улиц, дорог, стратегических объектов, жилых домов, торговых центров, стадионов, метрополитена и т.д. Комплекс ставит перед собой цель сбора и анализа информации, поступающей от различных городских подсистем, и обеспечение их эффективного совместного функционирования с целью создания комфортной и безопасной среды обитания. Видеонаблюдение за подъездами, улицами и площадями, контроль качества оказываемых коммунальными хозяйствами услуг, контроль пожарной автоматики, затопляемости и загазованности в жилых домах, информационные терминалы в различных точках мегаполиса – все это и многое другое включает комплекс «Безопасный город».

Ключевые слова: «Безопасный город, задача, охрана, безопасность объектов, городская инфраструктур.

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE RISKS OF AN EMERGENCY ON THE TERRITORY OF CRIMEA AND SEVASTOPOL WITHIN THE FRAMEWORK OF THE CONSTRUCTION, DEVELOPMENT AND OPERATION OF THE HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX "SAFE CITY"

Malyukov A.N., master

Ivanovo Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia , Ivanovo,
153040 Ivanovo, Stroiteley Ave., 33 e-mail: edufire@mail.ru

Annotation

Within the framework of the "Safe City" system, the tasks of ensuring the protection and security of urban infrastructure facilities for various purposes can be implemented: streets, roads, strategic facilities, residential buildings, shopping malls, stadiums, metro, etc. The complex aims to collect and analyze information coming from various urban subsystems and ensure their effective joint functioning in order to create a comfortable and safe living environment. Video surveillance of entrances, streets and squares, quality control of services provided by utilities, control of fire automation, flooding and gas pollution in residential buildings, information terminals in various points of the metropolis – all this and much more includes the "Safe City" complex

Keywords: fire, electrical equipment, electrical networks, arson, material damage, open areas, mineralized strips.

«Безопасный город», детализирующие положения концепции построения и развития АПК «Безопасный город» утверждены распоряжением Правительства Российской Федерации № 2446-р от 03.12.2014 года

Под АПК «Безопасный город» понимается совокупность сопряженных между собой сегментов, объединяющих сгруппированные в соответствие с целевой областью применения КСА федеральных, региональных и муниципальных органов управления и организаций, на местном уровне решающих

задачи обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды обитания [1].

В рамках реализуемых сегментов АПК «Безопасный город» предусматривается взаимодействие с КСА федеральных, региональных и муниципальных органов управления, а также организаций, в том числе коммерческих, в функции которых не входит непосредственное обеспечение общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды обитания, однако информация КСА

которых, может быть использована в целях эффективной реализации задач, предусмотренных Концепцией построения и развития АПК «Безопасный город».

Реализуемые в муниципальных образованиях сегменты АПК «Безопасный город» закладывают основу для решения задачи создания интегрированных региональных автоматизированных систем – комплексных систем обеспечения безопасности жизнедеятельности населения субъектов Российской Федерации.

Актуальность мероприятий по обеспечению общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды обитания каждого субъекта РФ в целом и муниципального образования в частности обуславливается наличием различного рода угроз (природного, техногенного, биолого-социального, экологического и другого характера) для всей среды обитания населения (жилых, общественных и административных зданий, объектов промышленного и сельскохозяйственного производства, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, технических сооружений и систем коммунального хозяйства (водо-, газо-, тепло-, электроснабжения и др.), систем водоотведения, природных ресурсов и др.). Природными угрозами являются природные явления или процессы, которые могут привести к возникновению чрезвычайных ситуаций, а также к нарушению жизнедеятельности населения (опасные геофизические, геологические, метеорологические явления, гидрологические явления).

К основным природным угрозам относятся:

- возможность подтопления территории города;
- сейсмическая опасность, появление деформации земной поверхности в виде провалов и неравномерных оседаний земли;
- появление оползней;
- вероятность ураганов, штормового ветра, обильных снегопадов и затяжных дождей, обледенения дорог и токонесущих проводов;
- падение крупных небесных тел (метеоритов, болидов);
- задымление вследствие массовых торфяных и лесных пожаров.

Техногенными угрозами являются опасные ситуации, спровоцированные хозяйственной деятельностью человека, несущие угрозу вредного физического, химического и механического воздействия на

население и среду обитания [2].

Настоящая Концепция предполагает, в том числе, создание единой информационной среды, обеспечивающей эффективное и незамедлительное взаимодействие всех сил и служб, ответственных за обеспечение общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды обитания, а именно:

- центров управления в кризисных ситуациях главных управлений Министерства РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий;
- единых дежурно-диспетчерских служб муниципальных образований;
- служб скорой медицинской помощи;
- дежурных служб территориальных центров медицины катастроф;
- дежурных служб Министерства внутренних дел РФ;
- дежурных служб территориальных органов Министерства внутренних дел РФ на региональном и районном уровнях;
- подразделений госавтоинспекции территориальных органов Министерства внутренних дел РФ на региональном и районном уровнях;
- дежурных служб линейных управлений, отделов и отделений Министерства внутренних дел РФ на железнодорожном, водном и воздушном транспорте;
- дежурных служб территориальных органов Федеральной службы безопасности РФ;
- дежурно-диспетчерских служб объектов экономики;
- дежурно-диспетчерских служб «01»;
- дежурно-диспетчерских служб Федеральной службы по надзору в сфере транспорта, Федерального агентства воздушного транспорта, Федерального агентства морского и речного транспорта и открытого акционерного общества «Российские железные дороги»; иных служб оперативного реагирования органов местного самоуправления, в функции которых входит обеспечение управления муниципальным хозяйством и инфраструктурой.

АПК «Безопасный город» предназначен для решения комплексных задач обеспечения общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды обитания на муниципальном, региональном и федеральном уровнях.

Цели и задачи АПК «Безопасный город»

Целью построения и развития АПК «Безопасный город» является повышение

общего уровня общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды обитания за счет существенного улучшения координации деятельности сил и служб, ответственных за решение этих задач, путем внедрения на базе муниципальных образований комплексной информационной системы, обеспечивающей мониторинг, прогнозирование, предупреждение и ликвидацию возможных угроз, а также контроль устранения последствий чрезвычайных ситуаций и правонарушений с интеграцией под управлением действий информационно-управляющих подсистем дежурных, диспетчерских, муниципальных служб для оперативного взаимодействия в интересах муниципального образования.

Обобщающей задачей построения и развития АПК «Безопасный город» является формирование информационно-коммуникационной платформы для органов местного самоуправления с целью устранения рисков обеспечения безопасности среды обитания, общественной безопасности и правопорядка на базе межведомственного взаимодействия, включает:

- разработка единых функциональных и технических требований к аппаратно-программным средствам, ориентированным на идентификацию потенциальных точек уязвимости, прогнозирование, реагирование и предупреждение угроз обеспечения безопасности муниципального образования;
- обеспечение информационного обмена между участниками действующих программ соответствующих федеральных органов исполнительной власти в области обеспечения безопасности через единое информационное пространство с учетом разграничения прав доступа к информации разного характера;
- обеспечение информационного обмена на федеральном, региональном и муниципальном уровне через единое информационное пространство с учетом разграничения прав доступа к информации разного характера;
- создание дополнительных инструментов на базе муниципальных образований для оптимизации работы существующей системы мониторинга состояния общественной безопасности;
- построение и развитие систем ситуационного анализа причин дестабилизации обстановки и прогнозирования существующих и потенциальных угроз для обеспечения безопасности населения муниципального образования.

Работа по построению и развитию АПК «Безопасный город» ведется в соответствии с распоряжением Правительства РФ от 03.12.2014 № 2446-р «Об утверждении Концепции построения и развития АПК «Безопасный город» и направлена на реализацию единого системного подхода к обеспечению общественной безопасности, правопорядка и безопасности среды обитания в условиях сохранения высокого уровня рисков техногенного и природного характера. Главное управление информатизации и связи города Севастополя Распоряжением Правительства Севастополя № 15-РП от 23.01.2015 определено координатором по вопросам внедрения и развития АПК «Безопасный город».

Постановлением Правительства Севастополя № 211-ПП от 20.03.2015 создана межведомственная рабочая группа по планированию, построению и развитию АПК «Безопасный город» на территории города Севастополя. В целях интеграции систем безопасности крупных объектов с массовым пребыванием людей (объекты транспортной инфраструктуры, культуры, спорта, торговли) с устанавливаемыми сегментами АПК «Безопасный город» планируется создать центральный элемент АПК «Безопасный город» - программно-аппаратный комплекс «Единый центр оперативного реагирования» (ПАК «ЕЦОР») с опытным участком средств мониторинга. Проект технического задания на создание ПАК «ЕЦОР» прошел процедуру обязательного согласования 21.10.2015 в Совете главных конструкторов Автоматизированной информационно-управляющей системы Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Постановлением Правительства Севастополя от 23.11.2016 № 1134-ПП утверждена государственная программа «Обеспечение общественной безопасности в городе Севастополе на 2017-2020 годы», в которую включена подпрограмма «Построение и развитие аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» на территории города Севастополя на 2017–2020 годы» [3].

В городе Севастополе создано ГКУ «Единая дежурно-диспетчерская служба Севастополя». В 2016 году выполнен капитальный ремонт 3-го этажа помещения по адресу: Острякова, 13, где размещено ГКУ «Единая дежурно-диспетчерская служба Севастополя» и элементы АПК «Безопасный город». С июня 2015 года «Система-112»

успешно работает в тестовом режиме, а с декабря 2016 в опытной эксплуатации. Возможности параметров бюджета Севастополя на 2017 год не позволяют осуществить финансирование мероприятий подпрограммы № 5 «Построение и развитие аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» на территории города Севастополя на 2017–2020 годы» Государственной программы «Обеспечение общественной безопасности в городе Севастополе на 2017-2020 годы». Финансирование мероприятий вышеуказанной подпрограммы планируется обеспечить за счет поступлений денежных средств в бюджет города после запуска в эксплуатацию Системы видеонаблюдения за нарушениями правил дорожного движения (одной из ключевых подсистем АПК «Безопасный город»), которая создается с привлечением внебюджетных источников финансирования в рамках реализации Концессионного соглашения о создании технологического комплекса элементов обустройства автомобильных дорог, предназначенного для обеспечения безопасности дорожного движения на

территории города Севастополя, подписанного 14 октября 2016 года. В соответствии с условиями концессионного соглашения, Система комплексной безопасности дорожного движения должна быть запущена в эксплуатацию в течение 8 месяцев с момента его подписания. В настоящее время ведется подготовка к апробации демонстрационных образцов программно-аппаратного комплекса «Единый центр оперативного реагирования» на базе ГКУ «Единая дежурно-диспетчерская служба Севастополя» со следующим перечнем интегрируемых подсистем:

- УСПО - 112.
- Система оповещения населения С-40/48.
- Региональная навигационно-информационная система города Севастополя.
- Видеонаблюдение в образовательных учреждениях.
- Единая контрольная система мониторинга и аварийной сигнализации технологических объектов «АТМ».
- Система цифровой оперативной радиосвязи.
- Система фотовидеофиксации административных правонарушений.

Список литературы

1. Концепция построения и развития аппаратно-программного комплекса «Безопасный город», утвержденная распоряжением Правительства РФ № 2446-р от 03.12.2014;
2. Постановление Правительства РФ № 697 от 09.2010 (ред. от 19.03.2014) «О единой системе межведомственного электронного взаимодействия»;
3. Постановление Правительства РФ № 641 от 08.2008 «Об оснащении транспортных, технических средств и систем аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS».

References

1. The concept of construction and development of the hardware and software complex "Safe City", approved by the order of the Government of the Russian Federation No. 2446-r dated 03.12.2014;
2. Decree of the Government of the Russian Federation No. 697 dated 09.2010 (as amended on 03/19/2014) "On a unified system of interdepartmental electronic interaction";
3. Decree of the Government of the Russian Federation No. 641 dated 08.2008 "On equipping vehicles, technical means and systems with GLONASS or GLONASS / GPS satellite navigation equipment"

УДК 324.56

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ПЛАНИРОВАНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ И ЛИКВИДАЦИИ ЧС В ПЕРИОД ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ 2020-2021 ГОДАХ НА ТЕРРИТОРИИ КРЫМА И СЕВАСТОПОЛЯ

Арлашов О.В.

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России
г. Иваново, 153040 г. Иваново, пр. Строителей, 33 e-mail: edufire@mail.ru**Аннотация**

В данной статье приведены статистические данные о природных пожарах, возникших на территории Республики Крым и г. Севастополь за период 2019 – 2021 г.г. Указанные данные необходимы нам для выявления самых проблемных сфер в данном виде деятельности подразделений МЧС России, осознания масштаба угрозы от данного вида природных угроз, а так же выработки перспективных мер по усовершенствованию системы предупреждения и ликвидации природных пожаров.

Ключевые слова: пожар, электрооборудования, электросети, поджог, материальный ущерб, открытые территории, минерализованные полосы.

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE PLANNING OF MEASURES TO PREVENT AND ELIMINATE EMERGENCIES DURING THE OCCURRENCE OF WILDFIRES IN 2020-2021 ON THE TERRITORY OF CRIMEA AND SEVASTOPOL

Arlashov O.V.

Ivanovo Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia , Ivanovo, 153040 Ivanovo,
Stroiteley Ave., 33 e-mail: edufire@mail.ru**Annotation**

This article presents statistical data on wildfires that occurred on the territory of the Republic of Crimea and Sevastopol for the period 2019 – 2021. These data are necessary for us to identify the most problematic areas in this type of activity of the units of the Ministry of Emergency Situations of Russia, to understand the scale of the threat from this type of natural threats, as well as to develop promising measures to improve the system prevention and elimination of wildfires.

Keywords: fire, electrical equipment, electrical networks, arson, material damage, open areas, mineralized strips.

За 2021 год на территории Республики Крым зарегистрировано 3911 пожаров (2019 – 5254), снижение на 25,5%.

Вследствие пожаров погибло 102 человека (2019 г. – 85), рост на 20%. Из них 4 детей (2019 г. – 0), рост на 400%.

На месте пожаров травмировано 67 человек (2019 г. – 59), рост на 13%.

Спасен на пожарах 121 человек (2019 г. – 133), снижение на 9%.

Эвакуировано на пожарах 1811 человек (2019 г. – 882), рост на 105%.

Спасено на пожарах материальных ценностей на сумму 47 млн. 105 тыс. руб. (2019 г. – 54 млн. 617 тыс. руб.), снижение на 13%.

Материальный ущерб от пожаров составил 77 млн. 414 тыс. руб. (2019 г. – 70 млн. 863 тыс. руб.), рост на 9% [1].

На объектах подконтрольных органам ГПН произошло 75 пожаров (2020 г. – 99) снижение на 24%.

Диаграмма 1. Состояние с пожарами и последствиями от них по Крыму

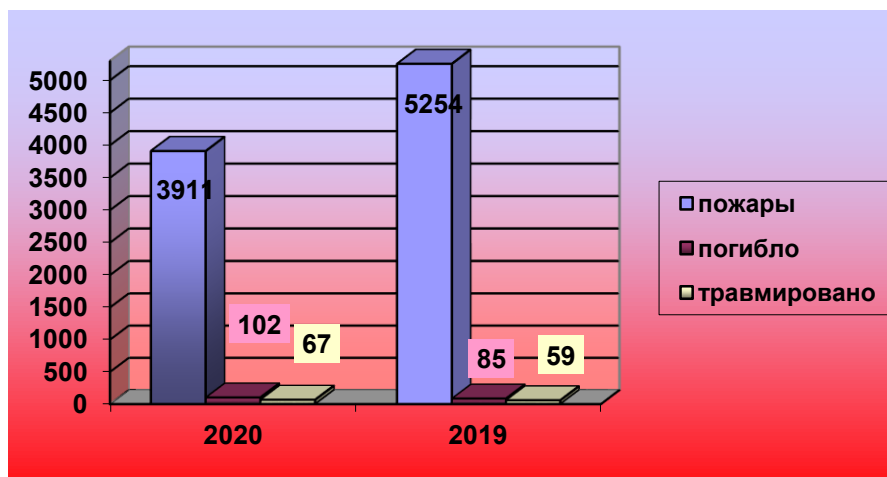


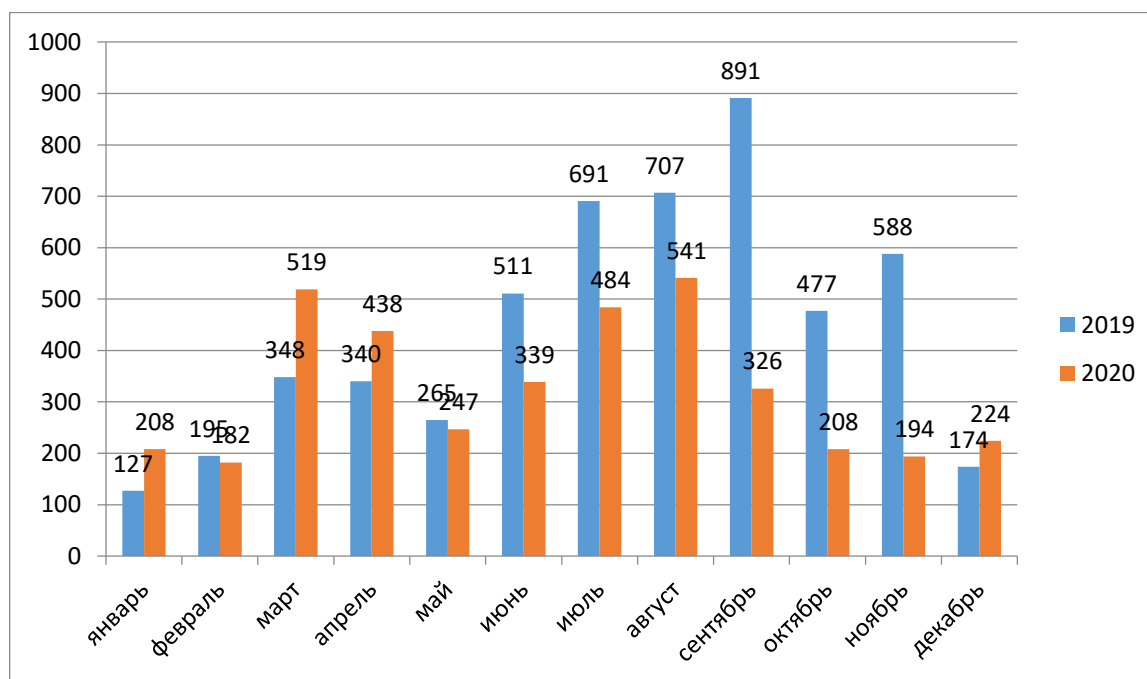
Таблица 1. Сводные данные о произошедших пожарах и их последствиям на территории Республики Крым

№	Регионы Республики Крым с учетом населения	Итого с начала года							
		Пожары				Гибель			
		2020	2019	%	На 100 тыс. населения	2020	2019	%	На 100 тыс. населения
1.	г. Симферополь (341527 чел.)	361	516	-30	105,7	15	5	200	4,4
2.	г. Ялта (139264 чел.)	209	229	-8,7	150,1	3	5	-40	2,2
3.	г. Керчь (151025 чел.)	469	547	-14,3	310,5	6	4	50	4
4.	г. Феодосия (100962 чел.)	335	371	-9,7	331,8	12	5	140	11,9
5.	г. Евпатория (119258 чел.)	249	331	-24,8	208,8	4	1	300	3,4
6.	г. Алушта (52515 чел.)	112	130	-13,8	213,3	6	5	20	11,4
7.	г. Армянск (24415 чел.)	31	46	-32,6	127,0	1	0	100	4,1
8.	г. Судак (32278 чел.)	82	85	-3,5	254	1	3	-67	3,1
9.	г. Джанкой и Джанкойский район (103692 чел.)	155	218	-28,9	149,5	5	6	-17	4,8
10.	г. Красноперкопск и Красноперкопский район (49031 чел.)	28	54	-48,1	57,1	1	0	100	2,0
11.	г. Саки и Сакский район (101153 чел.)	249	428	-41,8	246,2	7	6	17	6,9
12.	Бахчисарайский район (115609 чел.)	284	346	-17,9	245,7	3	2	50	2,6
13.	Белогорский район (76937 чел.)	110	177	-37,9	143	4	8	-50	5,2
14.	Кировский район (58479 чел.)	125	208	-39,9	213,8	3	5	-40	5,1
15.	Красногвардейский район (95284 чел.)	99	126	-21,4	103,9	8	6	33	8,4

Продолжение таблицы 1

16.	Ленинский район (65867 чел.)	150	235	-36,2	227,7	4	4	0	6,1
17.	Нижегородский район (52700 чел.)	58	75	-22,7	110,1	2	2	0	3,8
18.	Первомайский район (39813 чел.)	48	48	0	120,6	3	2	50	7,5
19.	Раздольненский район (37396 чел.)	76	116	-34,5	203,2	3	2	50	8,0
20.	Симферопольский район (161997 чел.)	471	719	-34,5	290,7	8	6	33	4,9
21.	Советский район (41679 чел.)	92	126	-27	220,7	1	6	-83	2,4
22.	Черноморский район (41836 чел.)	118	123	-4,1	282,1	2	2	0	4,8
ИТОГО (1883459)		3911	525						
			4	-25,6	207,6	102	85	20	5,4

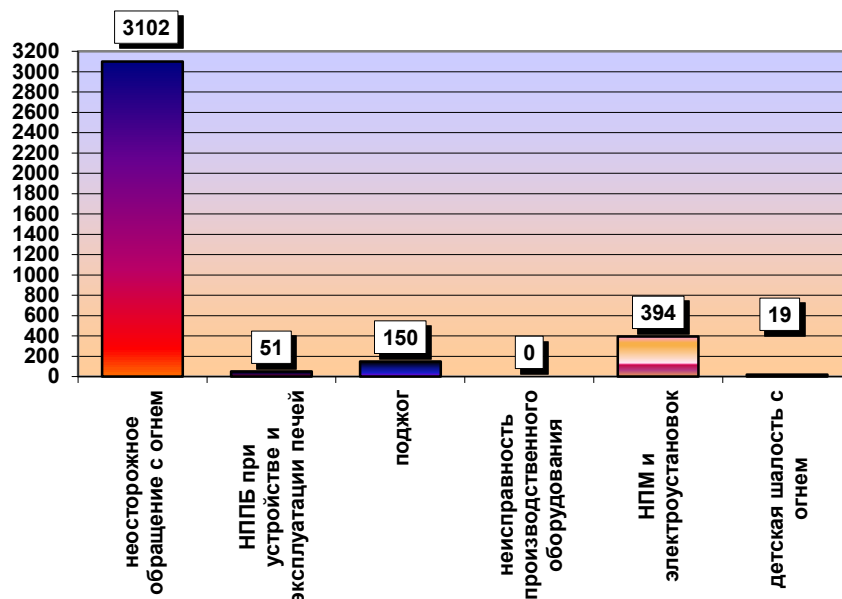
Диаграмма 2. Аранжировка пожаров по месяцам

**Основные причины пожаров:**

- неосторожное обращение с огнем - 3102 пожара (АППГ – 4313), снижение на 28%;
- нарушение правил пожарной безопасности при эксплуатации электрооборудования и электросетей - 394 пожара (АППГ – 390), рост на 1%;

- нарушение правил пожарной безопасности при устройстве дымоходов и при эксплуатации печей - 51 пожар (АППГ – 52), снижение на 1,9%;
- поджог - 150 пожаров (АППГ – 160), снижение на 6%.

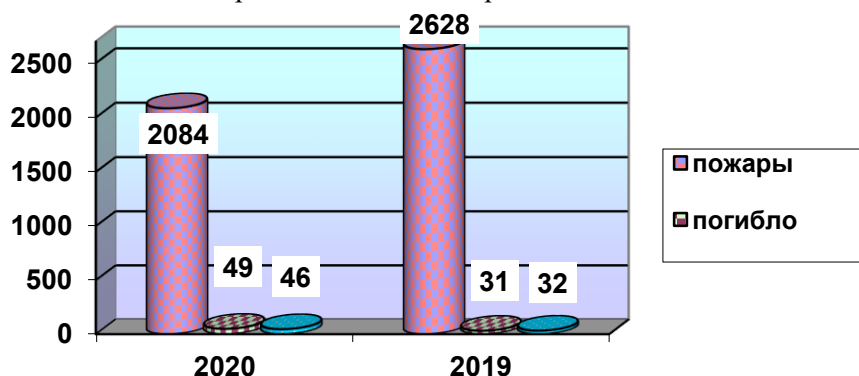
Диаграмма 3. Аранжировка пожаров по причинам



В городах и поселках городского типа возникло 2084 пожара. Пожары в городах и поселках городского типа составили по Крыму 53% от общего количества пожаров.

Погибло в результате пожаров 49 человек. Травмировано на пожарах указанной категории 46 человек [2].

Диаграмма 4. Состояние с пожарами и последствия от них в городах и поселках городского типа



В сельской местности произошло 1763 пожара. Погибло на пожарах на территории

указанной категории 52 человека, травмировано на пожарах 20 человек.

Диаграмма 5. Состояние с пожарами и последствиями от них в сельской местности

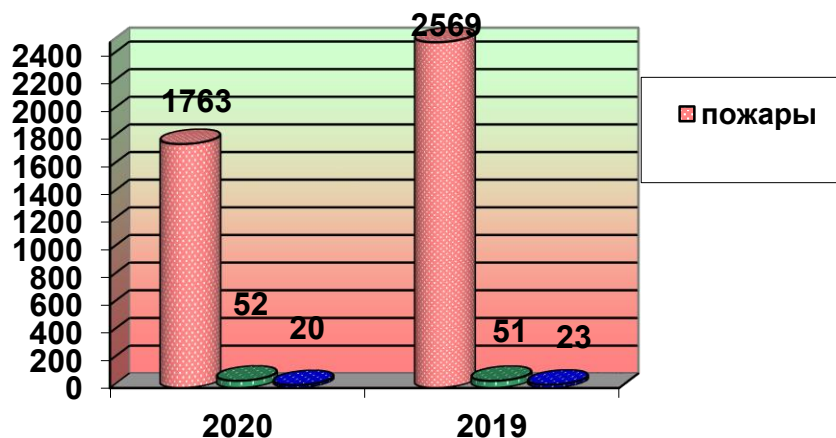
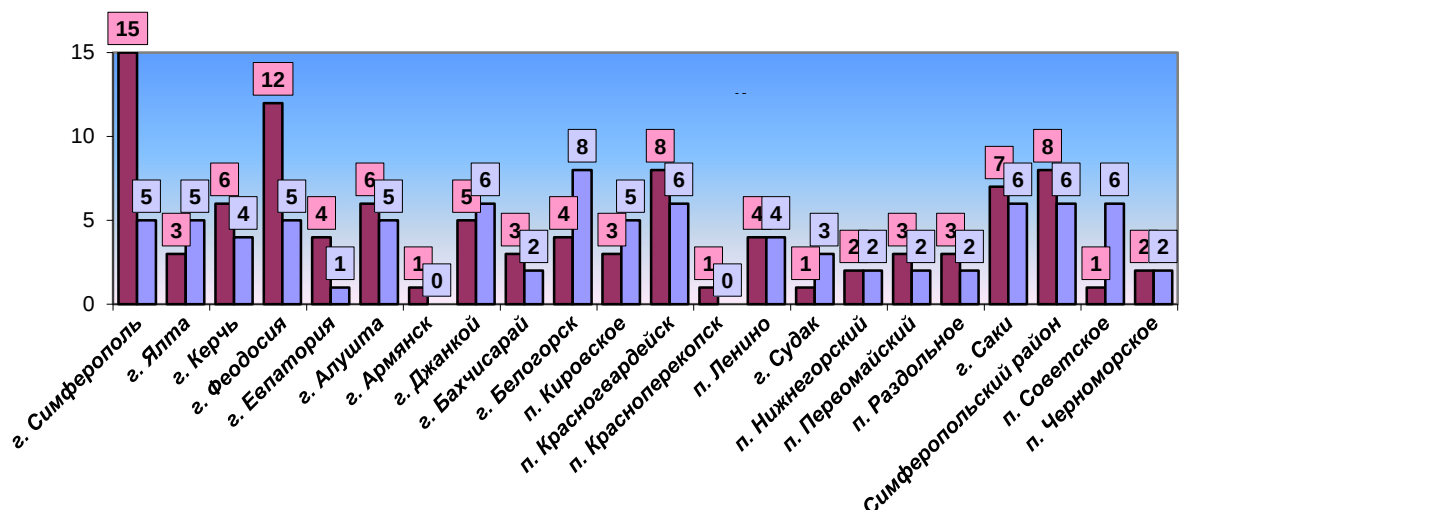


Диаграмма 6. Аранжировка районов Крыма по количеству людей погибших вследствие пожаров



Рост количества погибших по Крыму за 2020 год по сравнению с 2019 годом вследствие пожаров зарегистрирован в следующих территориальных подразделениях:

Евпатория – 4 погибших (2020г. - 1), рост на 300%;

Симферополь – 15 погибших (2020г. - 5), рост на 200%;

Феодосия – 12 погибших (2020г. - 5), рост на 140%;

Армянск – 1 погибший (2020г. - 0), рост на 100%;

Красноперкопск – 1 погибший (2020г. - 0), рост на 100%;

Бахчисарай – 3 погибших (2020г. - 2), рост на 50%;

Раздольное – 3 погибших (2020г. - 2), рост на 50%;

Керчь – 6 погибших (2020г. - 4), рост на 50%;

Первомайский район – 3 погибших (2020г. - 2), рост на 50%;

Красногвардейский район – 8 погибших (2020г. - 6), рост на 33%;

Симферопольский район – 8 погибших (2020г. - 6), рост на 33%;

Алушта – 6 погибших (2020г. - 5), рост на 20%;

Саки – 7 погибших (2020г. - 6), рост на 16%.

За 2020 год зарегистрировано 2500 пожаров на открытых территориях, что составило 63% от общего количества пожаров (2019 г. – 3710) снижение на 32%.

В целях предотвращения возникновения лесных пожаров и борьбы с ними в лесном фонде ежегодно проводится комплекс мероприятий, направленных на предупреждение и тушение лесных пожаров,

финансируемых за счет средств субвенций федерального бюджета. В основном это:

- - содержание лесных дорог противопожарного назначения;
- - устройство минерализованных полос противопожарных барьеров, уход за ними,
- - проведение профилактического контролируемого противопожарного выжигания горючих материалов (весной и осенью);
- - создание систем, средств предупреждения и тушения лесных пожаров (пожарные техника и оборудование, пожарное снаряжение и другие), содержание этих систем, средств, а также формирование запасов горюче-смазочных материалов;
- - организационные мероприятия (запрещение посещения лесов в пожароопасные периоды).

Создание минерализованных полос

Борьбой с лесными пожарами в первую очередь занимаются профессионалы. Это лесные пожарные и работники государственной лесной охраны. В их распоряжении авиация, пожарные машины, мотопомпы и различная другая техника. Но главное в борьбе с пожарами - вовремя обнаружить и особенно вовремя начать тушить. Но часто бывает, что на пожар могут натолкнуться просто работающие в лесу люди и отдыхающие. Небольшой пожар может за полчаса-час остановить группа из 3-5 человек даже без специальных средств. Например, веником из зеленых ветвей, молодым деревцем, мешковиной, брезентом или одеждой, сбивая пламя. Огонь надо захлестывать, сметать в сторону очага пожара, небольшие языки пламени затапывать

ногами. Еще один распространенный прием - забрасывать кромку пожара землей. Сначала, взяв на лопату грунт, им надо сбить пламя, затем сделать сплошную полосу из грунта толщиной несколько сантиметров и шириной до полуметра. Один человек за полчаса может таким образом засыпать около 20 метров кромки пожара. Для выявления самых проблемных сфер в данном виде деятельности

подразделений МЧС России, осознания масштаба угрозы от данного вида природных угроз, а так же выработки перспективных мер по усовершенствованию системы предупреждения и ликвидации природных пожаров, в первой части работы мы привели самые актуальные статистические данные по природным пожарам за период 2020 – 2021 годов.

Список литературы

1. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: федеральный закон от 21 декабря 1994 года №68-ФЗ// Собрание законодательства РФ. - 1994. – № 35. - С. 3648-3663.2.
2. ГОСТ 22.0.07-97/ГОСТ Р 22.0.07-95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров. – Введ. 1995-11-02. – М: Издательство стандартов. – 2000.

References

1. On the protection of the population and territories from natural and man-made emergencies: Federal Law of December 21, 1994 No. 68-FZ // Collection of Legislation of the Russian Federation. - 1994. - No. 35. - S. 3648-3663.2.
2. GOST 22.0.07-97/GOST R 22.0.07-95 Safety in emergency situations. Sources of technogenic emergencies. Classification and nomenclature of damaging factors and their parameters. - Input. 1995-11-02. - M: Publishing house of standards. – 2000.

РАЗДЕЛ 4. МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 006.011

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ: ПУТЬ К БЕЗОПАСНОСТИ И КАЧЕСТВУ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

А. В. Калугина¹, М. Н. Белая²

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053
e-mail: asya-kalugina@mail.ru

²ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053
e-mail: belaya_079@mail.ru

Аннотация

Стандартизация – это сфера деятельности, направленная на разработку, внедрение и применение документов по стандартизации. В настоящей статье проведен анализ нормативной базы, регламентирующей требования безопасности и качества сельскохозяйственной продукции – сельскохозяйственной продукции, продовольствия, промышленная и иная продукция. С целью выполнения требований, установленных в федеральном законе «О сельскохозяйственной продукции, сырье и продовольствии с улучшенными характеристиками» производителям продукции, в обязательном порядке, необходимо будет проводить сертификацию своей продукции.

В работе выявлено, что в стандарте ГОСТ Р 58661 отсутствуют рекомендуемые схемы сертификации, следовательно, производитель продукции (заявитель сертификации) имеет право выбрать одну из схем сертификации, регламентируемые ГОСТ Р 53603.

В статье проанализирована процедура сертификации, представлены этапы добровольной сертификации продукции и продовольствия с улучшенными характеристиками, и выявлены недостатки.

Ключевые слова: стандартизация, оценка соответствия, сертификация, схемы сертификации, орган по сертификации, аккредитованная испытательная лаборатория, безопасность, качество, сельскохозяйственная продукция, процессы

STANDARDIZATION AND CONFORMITY ASSESSMENT: THE WAY TO SAFETY AND QUALITY OF AGRICULTURAL PRODUCTS

A. V. Kalugina¹, M.N. Belaya²

¹FSAEI HE Sevastopol State University, st. University, 33, Sevastopol, Russian Federation, 299053
e-mail: asya-kalugina@mail.ru

²FSAEI HE Sevastopol State University, st. University, 33, Sevastopol, Russian Federation, 299053
e-mail: belaya_079@mail.ru

Abstract

Standardization is a field of activity aimed at the development, implementation and application of standardization documents. This article analyzes the regulatory framework regulating the safety and quality requirements of agricultural products – agricultural products, food, industrial and other products. In order to meet the requirements established in the federal law "On agricultural products, raw materials and food with improved characteristics", manufacturers of products will necessarily need to certify their products.

The work revealed that there are no recommended certification schemes in the GOST R 58661 standard, therefore, the product manufacturer (certification applicant) has the right to choose one of the certification schemes regulated by GOST R 53603.

The article analyzes the certification procedure, presents the stages of voluntary certification of products and food with improved characteristics, and identifies shortcomings.

Keywords: standardization, conformity assessment, certification, certification schemes, certification body, accredited testing laboratory, safety, quality, agricultural products, processes

1. Введение

Россия обладает большим потенциалом в реализации и развитии агропромышленного комплекса [1-3]. Именно данная отрасль обеспечивает потребности населения нашей страны в продуктах питания и является важной отраслью для промышленности. Сельское хозяйство является основным поставщиком сырья и первым товаропроизводителем в пищевой промышленности.

С 1 марта 2022 года вступило в силу распоряжение Правительства Российской Федерации о введении в действие национальных стандартов Российской Федерации. Данные стандарты направлены на улучшение сельскохозяйственной продукции, продовольствия, промышленную и иную продукцию, определяющих их качественные и количественные показатели, методы их исследования (испытания), измерений, правила их сертификации [4].

В соответствии с федеральными законами «О техническом регулировании» и «О стандартизации в Российской Федерации» стандарты являются обязательными к применению в случаях, если это установлено правовыми нормами.

Стандарты устанавливают терминологию и общие требования к продукции и продовольствию с улучшенными характеристиками, а также требования к ее производству, транспортировке, хранению, оценке соответствия и являются обязательными для применения в отношении такой продукции.

2. Анализ документов по стандартизации

К документам, регламентирующие выполнение обязательных требований Федерального закона «О сельскохозяйственной продукции, сырье и продовольствии с улучшенными характеристиками» [5], относятся:

- ГОСТ Р 58662-2019 Продукция и продовольствие с улучшенными характеристиками. Термины и определения;

- ГОСТ Р 58658-2019 Продукция и продовольствие с улучшенными характеристиками. Удобрения минеральные. Общие технические условия;

- ГОСТ Р 58659-2019 Продукция и продовольствие с улучшенными характеристиками. Общие требования;

- ГОСТ Р 58660-2019 Продукция и продовольствие с улучшенными

характеристиками. Производство, транспортирование и хранение;

- ГОСТ Р 58663-2019 Продукция и продовольствие с улучшенными характеристиками. Удобрения минеральные. Методы определения свинца, кадмия, мышьяка, никеля, ртути, хрома (VI), меди, цинка и биурета;

- ГОСТ Р 58661-2019 Продукция и продовольствие с улучшенными характеристиками. Оценка соответствия.

В ГОСТ Р 58662-2019 «Продукция и продовольствие с улучшенными характеристиками. Термины и определения» [6] представлена система терминов и определений в области продукции и продовольствия с улучшенными характеристиками.

ГОСТ Р 58658-2019 «Продукция и продовольствие с улучшенными характеристиками. Удобрения минеральные. Общие технические условия» [7], как стандарт на продукцию, содержит основные требования к самой продукции, т.е. к минеральным удобрениям с улучшенными характеристиками. В стандарте представлены физико-химические показатели, требования к маркировке, упаковке, требования безопасности, требования охраны окружающей среды, правила приемки, методы контроля, требования к транспортировке и хранению.

ГОСТ Р 58659-2019 «Продукция и продовольствие с улучшенными характеристиками. Общие требования» [8] является стандартом на продукцию и устанавливает общие требования к продукции и продовольствию с улучшенными характеристиками.

ГОСТ Р 58660-2019 «Продукция и продовольствие с улучшенными характеристиками. Производство, транспортирование и хранение» [9] устанавливает требования к процессам производства продукции и продовольствия с улучшенными характеристиками, к их транспортировке и хранению.

ГОСТ Р 58663-2019 «Продукция и продовольствие с улучшенными характеристиками. Удобрения минеральные. Методы определения свинца, кадмия, мышьяка, никеля, ртути, хрома (VI), меди, цинка и биурета» [10] относится к стандартам, регламентирующие методы испытаний (контроля или измерений). Стандарт устанавливает общие требования к отбору и подготовке проб, а также к методам контроля.

ГОСТ Р 58661-2019 «Продукция и продовольствие с улучшенными характеристиками. Оценка соответствия» [11] устанавливает требования к проведению оценки соответствия продукции и продовольствия с улучшенными характеристиками.

Сертификация продукции проводится по установленным схемам сертификации. В стандарте ГОСТ Р 58661 данные схемы отсутствуют, следовательно, производитель продукции (заявитель сертификации) имеет право выбрать одну из схем сертификации, регламентируемые ГОСТ Р 53603.

3. Оценка соответствия

Федеральный закон «О техническом регулировании» устанавливает несколько видов оценки соответствия (подтверждение соответствия, государственная регистрация продукции, аккредитация, экспертиза, государственный контроль и надзор и т.д.). Подтверждение соответствия продукции может быть или обязательным, или добровольным.

В соответствии с ГОСТ Р 58661-2019 подтверждение соответствия продукции и продовольствия с улучшенными характеристиками и их производство осуществляют в форме добровольной сертификации.

Порядок проведения сертификации представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Этапы добровольной сертификации продукции и продовольствия с улучшенными характеристиками

Этап сертификации	Исполнитель	Документ
Подача заявки	Заявитель сертификации	Заявка на сертификацию
Рассмотрение заявки и принятие решения по заявке	Орган по сертификации продукции	Решение по заявке
Заключение договора	Орган по сертификации продукции и Заявитель сертификации	Договор на сертификацию
Идентификация продукции	Информация в стандарте отсутствует	Информация в стандарте отсутствует
Испытание продукции	Аккредитованная испытательная лаборатория	Информация в стандарте отсутствует

Оценивание процессов производства: - предварительное (заочное) оценивание (первый этап); - проверка и оценивание производства продукции и продовольствия с улучшенными характеристиками с выездом к заявителю (второй этап)	Орган по сертификации продукции	Акт по результатам проверки производства заявителя
Анализ всей информации и результатов оценивания. Решение по сертификации	Орган по сертификации продукции	Сертификат соответствия
Инспекционный контроль	Орган по сертификации продукции	Акт по результатам инспекционного контроля

Продукты прошедшие добровольную сертификацию и получившие сертификат соответствия будут маркироваться знаком единого образца «зеленый эталон».

На основании анализа процедуры сертификации необходимо отметить, что в стандарте отсутствует информация о:

- процедуре отбора образцов продукции (проб);
- об исполнителе идентификации продукции;
- о документе, который необходимо оформить после проведения идентификации.

Процедура отбора образцов, при сертификации, не предоставляет информации о доказательствах соответствия, но устанавливает количество образцов, порядок их отбора, правила транспортировки образцов к месту проведения идентификации и (или) испытаний.

Для проведения отбора образцов продукции необходимо применять нормативные документы на вид продукции, включающие отбор образцов или национальный стандарт, устанавливающий общие правила отбора образцов (проб) продукции и их использовании при подтверждении соответствия продукции установленным требованиям в формах сертификации и декларирования соответствия – ГОСТ Р 58972-2020 [12].

4. Заключение

Анализируемые стандарты положили начало стандартизации требований к «зеленой» сельскохозяйственной продукции.

Учитывая выявленные несоответствия в процедуре добровольной сертификации продукции и продовольствия с улучшенными

характеристиками и выявленные несоответствия в нормативной документации при проведении оценки соответствия, предлагается разработать алгоритм добровольной сертификации, учитывающий как положительные, так и отрицательные результаты сертификации.

Список литературы

1. Чупрякова А.Г., Косинский П.Д. Продовольственное обеспечение населения промышленного региона: Проблемы и перспективы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 12-1. – С. 109-113; URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=10784> (дата обращения: 03.03.2022).
2. Чаплыгина О.Г. Экспорт и импорт российской сельскохозяйственной продукции и продовольствия: современные стороны развития // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2018. – Т. 4 (14), Вып. 4. – С. 292-300.
3. Стадник А.Т., Шелковников С.А., Лубкова Э.М., Шилова А.Э. Перспективные направления производства и переработки продовольствия в промышленном регионе: территориальный аспект // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2021. – Т. 64, № 1 (379). – С. 57-61.
4. Распоряжение Правительства Российской Федерации «Об утверждении перечня документов по стандартизации на улучшенные сельскохозяйственную продукцию, продовольствие, промышленную и иную продукцию, определяющих их качественные и количественные показатели, методы их исследования (испытания), измерений, правила их сертификации» от 26 февраля 2022 г. № 330-р. [Электронный ресурс]. URL: <https://legalacts.ru/doc/rasporjazhenie-pravitelstva-rf-ot-26022022-n-330-r-ob-utverzhdenii/> (дата обращения 03.03.2022).
5. Федеральный закон «О сельскохозяйственной продукции, сырье и продовольствии с улучшенными характеристиками» от 11 июня 2021 г. № 159-ФЗ. [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_386798/ (дата обращения 03.03.2022).
6. ГОСТ Р 58662-2019 Продукция и продовольствие с улучшенными характеристиками. Термины и определения. – Введ. 2020-03-02. – М: Стандартинформ, 2020 – 16 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://protect.gost.ru/default.aspx/document.aspx?control=7&baseC=6&page=2&month=9&year=2021&search=&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=236744> (дата обращения 03.03.2022).
7. ГОСТ Р 58658-2019 Продукция и продовольствие с улучшенными характеристиками. Удобрения минеральные. Общие технические условия. – Введ. 2020-03-02. – М: Стандартинформ, 2020 – 18 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://protect.gost.ru/default.aspx/v.aspx?control=7&id=236729> (дата обращения 03.03.2022).
8. ГОСТ Р 58659-2019 Продукция и продовольствие с улучшенными характеристиками. Общие требования. – Введ. 2020-03-02. – М: Стандартинформ, 2020 – 13 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://protect.gost.ru/default.aspx/v.aspx?control=7&id=236760> (дата обращения 03.03.2022).
9. ГОСТ Р 58660-2019 Продукция и продовольствие с улучшенными характеристиками. Производство, транспортирование и хранение. – Введ. 2020-03-02. – М: Стандартинформ, 2020 – 10 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://protect.gost.ru/v.aspx?control=8&baseC=-1&page=0&month=-1&year=-1&search=&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=226848> (дата обращения 03.03.2022).
10. ГОСТ Р 58663-2019 Продукция и продовольствие с улучшенными характеристиками. Удобрения минеральные. Методы определения свинца, кадмия, мышьяка, никеля, ртути, хрома (VI), меди, цинка и биурета. – Введ. 2020-03-02. – М: Стандартинформ, 2020 – 33 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://protect.gost.ru/v.aspx?control=8&baseC=-1&page=0&month=-1&year=-1&search=&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=226748> (дата обращения 03.03.2022).
11. ГОСТ Р 58661-2019 Продукция и продовольствие с улучшенными характеристиками. Оценка соответствия. – Введ. 2020-03-02. – М: Стандартинформ, 2020 – 18 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://protect.gost.ru/v.aspx?control=8&baseC=-1&page=0&month=-1&year=-1&search=&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=226954> (дата обращения 03.03.2022).
12. ГОСТ Р 58972-2020 Оценка соответствия. Общие правила отбора образцов для испытаний продукции при подтверждении соответствия. – Введ. 2021-01-01. – М: Стандартинформ, 2020 – 16 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://protect.gost.ru/v.aspx?control=8&baseC=-1&page=0&month=-1&year=-1&search=&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=228282> (дата обращения 03.03.2022).

References

1. Chupryakova A.G., Kosinsky H.D. Food supply of the population of the industrial region: Problems and prospects // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2016. – № 12-1. – P. 109-113; URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=10784> (date of application: 03.03.2022).
2. Chaplygina O.G. Export and import of Russian agricultural products and food: modern aspects of development // Geopolitics and ecogeodynamics of regions. - 2018. - V. 4 (14), Rel. 4. – P. 292-300.
3. Stadnik A.T., Shelkovnikov S.A., Lubkova E.M., Shilova A.E. Promising directions of food production and processing in an industrial region: territorial aspect // International Agricultural Journal. - 2021. - V. 64, № 1 (379). – P. 57-61.
4. Order of the Government of the Russian Federation «On approval of the list of documents on standardization for improved agricultural products, food, industrial and other products, determining their qualitative and quantitative indicators, methods of their research (testing), measurements, rules for their certification» from 26 February 2022 year. № 330-p. [Electronic resource]. URL: <https://legalacts.ru/doc/rasporjazhenie-pravitelstva-rf-ot-26022022-n-330-r-ob-utverzhenii/> (Electronic resource: 03.03.2022).
5. Federal Law « About agricultural products, raw materials and food with improved characteristics » from 11 June's 2021 year. № 159-FL. [Electronic resource]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_386798/ (Electronic resource: 03.03.2022).
6. GOST R 58662-2019 Products and food with improved characteristics. Terms and definitions. - Introduced 2020-03-02. – M: Standartinform, 2020 – 16 p. [Electronic resource]. URL: <https://protect.gost.ru/default.aspx/document.aspx?control=7&baseC=6&page=2&month=9&year=2021&search=&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=236744> (Electronic resource 03.03.2022).
7. GOST R 58658-2019 Products and food with improved characteristics. Mineral fertilizers. General specifications. - Introduced 2020-03-02. – M: Standartinform, 2020 – 18 p. [Electronic resource]. URL: <https://protect.gost.ru/default.aspx/v.aspx?control=7&id=236729> (Electronic resource 03.03.2022).
8. GOST R 58659-2019 Products and food with improved characteristics. General requirements. - Introduced 2020-03-02. – M: Standartinform, 2020 – 13 p. [Electronic resource]. URL: <https://protect.gost.ru/default.aspx/v.aspx?control=7&id=236760> (Electronic resource 03.03.2022).
9. GOST R 58660-2019 Products and food with improved characteristics. Production regulations, transportation and storage. - Introduced 2020-03-02. – M: Standartinform, 2020 – 10 p. [Electronic resource]. URL: <https://protect.gost.ru/v.aspx?control=8&baseC=-1&page=0&month=-1&year=-1&search=&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=226848> (Electronic resource 03.03.2022).
10. GOST R 58663-2019 Products and food with improved characteristics. Mineral fertilizers. Method of measurement of lead, cadmium, arsenic, nickel, mercury, chromium (VI), copper, zinc and biuret. - Introduced 2020-03-02. – M: Standartinform, 2020 – 33 p. [Electronic resource]. URL: <https://protect.gost.ru/v.aspx?control=8&baseC=-1&page=0&month=-1&year=-1&search=&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=226748> (Electronic resource 03.03.2022).
11. GOST R 58661-2019 Products and food with improved characteristics. Conformity assessment. - Introduced 2020-03-02. – M: Standartinform, 2020 – 18 p. [Electronic resource]. URL: <https://protect.gost.ru/v.aspx?control=8&baseC=-1&page=0&month=-1&year=-1&search=&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=226954> (Electronic resource 03.03.2022).
12. GOST R 58972-2020 Conformity assessment. General sampling rules for products testing during attestation assessment. - Introduced 2021-01-01. – M: Standartinform, 2020 – 16 p. [Electronic resource]. URL: <https://protect.gost.ru/v.aspx?control=8&baseC=-1&page=0&month=-1&year=-1&search=&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=228282> (Electronic resource 03.03.2022).

УДК 681.121.8

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА

А. В. Нагорнова¹, М. Н. Белая²

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053
e-mail: lina.nagornova2000@mail.ru

²ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»
ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053
e-mail: belaya_079@mail.ru

Аннотация

В статье приведено краткое описание, технические характеристики и указания по эксплуатации средств измерения расхода, используемых на предприятиях электроэнергетики Российской Федерации. Технические характеристики, представленные в статье, соответствуют характеристикам конкретных модификаций средств измерений согласно требованиям нормативной документации, устанавливающим нормы точности при проведении измерений.

В работе рассмотрены и проанализированы расходомеры следующих типов: Prosonic Flow 92F, Proline Promag L 400, Promag 10D1H, Proline Promag L 400, Promag 10D1H, Optisonic 3400, Optisonic 6300, TurboFlow UFG-F, Взлет ЭМ, Взлет МР, Акрон-02-2.

При проведении сравнительного анализа применялись основные критерии сравнения: назначение средств измерений, погрешность измерений, межповерочный интервал и др.

Представлены результаты сравнительного анализа технических и метрологических характеристик расходомеров различного типа, применяемых на промышленных предприятиях в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерения.

Ключевые слова: метрологические характеристики, эксплуатационные характеристики, средства измерения, расходомеры, межповерочный интервал, измерение, измерения расхода, погрешность, измерительная система, измерительный преобразователь.

COMPARATIVE ANALYSIS OF METROLOGICAL AND OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF FLOW MEASURING INSTRUMENTS

A. V. Nagornova ¹, M.N. Belaya²

¹FSAEI HE Sevastopol State University, st. University, 33, Sevastopol, Russian Federation, 299053
e-mail: lina.nagornova2000@mail.ru

²FSAEI HE Sevastopol State University, st. University, 33, Sevastopol, Russian Federation, 299053
e-mail: belaya_079@mail.ru

Abstract

The article provides a brief description, technical characteristics and instructions for the operation of flow measurement tools used at electric power enterprises of the Russian Federation. The technical characteristics presented in the article correspond to the characteristics of specific modifications of measuring instruments in accordance with the requirements of regulatory documentation that establish standards of accuracy during measurements.

The paper considers and analyzes the flowmeters of the following types: Prosonic Flow 92F, Proline Promag L 400, Promag 10D1H, Proline Promag L 400, Promag 10D1H, Optisonic 3400, Optisonic 6300, TurboFlow UFG-F, Takeoff EM, Takeoff MP, Akron-02-2.

When conducting a comparative analysis, the main comparison criteria were used: the purpose of measuring instruments, measurement error, calibration interval, and others.

The results of a comparative analysis of the technical and metrological characteristics of flowmeters of various types used at industrial enterprises in the field of state regulation to ensure the uniformity of measurement are presented.

Keywords: metrological characteristics, operational characteristics, measuring instruments, flow meters, calibration interval, measurement, flow measurement, error, measuring system, measuring converter

1. Введение

Расходомеры широко применяют во всех областях промышленности, где требуется измерить поток жидкости или газа. К таким областям промышленности относится добыча полезных ископаемых и дополнительных продуктов, транспортировка жидкостей и газов по трубопроводам, дозирование жидкостей или газов в технологических процессах, технологические измерения (например, хладагента в системах охлаждения и теплоснабжения) и промышленные выбросы и очистка.

В статье будет проведен сравнительный анализ технических и метрологических характеристик расходомеров различного типа, применяемых на промышленных предприятиях в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерения.

2. Расходомер Prosonic Flow 92F

Ультразвуковой расходомер Proline Prosonic Flow 92F, производства фирмы Endress+Hauser Flowtec AG (Швейцария) занесен в Государственный реестр средств измерений, предназначен для управления технологическими процессами и измерения расхода жидкостей.

Измерение расхода жидкости, проходящей через расходомер Prosonic Flow проточного типа, реализуется посредством пар сенсоров, расположенных на противоположных сторонах корпуса расходомера под углом к направлению потока таким образом, что один из сенсоров смещен по направлению потока вниз. Внутри пары каждый сенсор попеременно то испускает акустический сигнал, то принимает акустический сигнал от противоположного сенсора. Таким образом, измеряется время распространения сигнала в противоположных направлениях. Затем, с учетом того факта, что звук движется быстрее по течению и медленнее – против течения, разница во времени распространения сигнала между сенсорами в противоположных направлениях (ΔT) используется для определения скорости потока среды.

Далее объемный расход определяется по специальной формуле, полученной на базе обширных знаний в области гидродинамики. В эту формулу, в частности, входят скорости потока, определенные разными парами сенсоров, и площадь поперечного сечения корпуса расходомера. Конструкция сенсоров и

их расположение позволяют существенно смягчить требования к длине прямого участка трубы перед расходомером, установленным после типичных препятствий потока, таких как изгибы в одной или двух плоскостях. Современная цифровая обработка сигналов позволяет непрерывно контролировать правильность измерения расхода, что в свою очередь позволяет снизить восприимчивость к условиям многофазного потока и повысить достоверность измерений.

Измерительная система расходомера состоит из транзмиттера и сенсора. Питание осуществляется по сигнальной 2-проводной цепи.

Управление настройками расходомера осуществляется как локально при помощи клавиш (–, +, E), так и дистанционно.

К техническим характеристикам ультразвукового расходомера относятся [1]:

- выход: токовый 4 – 20 мА, HART; PROFIBUS PA
- температура измеряемой среды от - 40 до + 150 °С;
- рабочее давление не более 40 бар;
- температур окружающей среды от - 40 до + 60 °С;
- напряжение питания от 12 до 35 В;
- потребляемая мощность 1,2 Вт;
- степень защиты IP 67;
- материал корпуса литой алюминий;
- материал сенсора нержавеющая сталь.

Внешний вид Prosonic Flow 92F представлен на рис. 1.



Рис. 1 - Внешний вид Prosonic Flow 92F

Погрешность: $\pm 0,3 \%$.

Межповерочный интервал (МПИ): 4 года.

3. Расходомеры Proline Promag L 400, Promag 10D1H

Расходомеры электромагнитные Promag производства фирмы Endress+Hauser Flowtec AG (Швейцария) занесены в Государственный реестр средств измерений, предназначены для измерений расхода и объема электропроводящих жидкостей, с проводимостью более 5 мкСм/см для Promag 400 и 50 мкСм/см для Promag 10.

Расходомеры состоят из первичного электромагнитного преобразователя расхода (датчика) и измерительного преобразователя компактно смонтированные в герметичном корпусе. Принцип измерений расходов основан на применении закона Фарадея для проводника в магнитном поле, когда в потоке электропроводящей жидкости, движущейся в магнитном поле, наводится ЭДС, величина которой пропорциональна скорости потока. Измерительный преобразователь преобразует наведенную ЭДС в электрический аналоговый (цифровой сигнал), отображаемый на ЖКИ самого прибора или передаваемый на персональный компьютер, контроллер или на мобильный телефон в виде смс-сообщения.

Расходомер является программируемым средством измерений и осуществляет функции:

- измерений объема, объёмного расхода;
- индикации результатов измерений в различных единицах расхода, объема, проводимости и температуры;
- самодиагностики и индикации неисправностей, предупреждения в виде кода ошибок;
- перенастройки диапазонов измерений;
- самоочистки электродов с возможностью установки периодичности вручную;
- дозирования;
- автоматического сохранения информации о датчике, последних ошибках и настройках;
- передачи измерительной информации в аналоговом виде и (или) цифровом на персональный компьютер, контроллер, мобильный телефон, удаленное устройство индикации.

К техническим характеристикам расходомера Proline Promag L 400 относятся [2]:

- диаметры условных проходов от 25 до 2400 мм;
- диапазон измерений расхода от 2,1 до 162000 м³/ч;
- диапазон изменений скорости потока от 0,01 до 10 м/с;

- диапазон давления рабочей среды от 0 до 4 МПа;
- температуры рабочей среды от -20 до +90 °С;
- температура окружающего воздуха от -40 до +60 °С;
- степень защиты корпуса IP66 / IP67;
- температура окружающего воздуха от -40 до +60 °С;
- токовый выход 0 – 20 мА; 4 – 20 мА;
- цифровой выход HART, Modbus, PROFIBUSPA/DP, FOUNDATION Fieldbus;
- переменное напряжение 85 – 260 В; 20 – 55 В;
- постоянное напряжение 16 – 62 В;
- материал корпуса алюминий.

Внешний вид Proline Promag L 400 представлен на рис. 2



Рис. 2 - Внешний вид Proline Promag L 400

Погрешность: ±1,0 %.

МПИ: 5 лет.

К техническим характеристикам расходомера Promag 10D1H относятся [3]:

- диаметры номинальных проходов от 25 до 100 мм;
- диапазон измерения от 20 до 1200 дм³/мин;
- токовый выход 4 – 20 мА;
- цифровой выход HART;
- степень защиты корпуса IP67;
- температура рабочей среды от 0 до +60 °С;
- температура окружающего воздуха от -20 до +60 °С;
- переменное напряжение 85 – 250 В; 20 – 28 В;

- постоянное напряжение 11 – 40 В;
- материал корпуса алюминий.

Внешний вид Promag 10D1H представлен на рис. 3.



Рис. 3 - Внешний вид Promag 10D1H

Погрешность: $\pm 0,5\%$.

МПИ: 5 лет.

4. Расходомеры Optisonic 3400, Optisonic 6300

Принцип действия расходомеров производства фирмы «KROHNE Messtechnik GmbH & Co. KG» (Германия) OPTISONIC 3400 № 57762-14 и OPTISONIC в Государственном реестре средств измерений, основаны на измерении разности времени прохождения импульсов ультразвуковых колебаний (акустического сигнала), через протекающую жидкость в двух направлениях, в первичном преобразователе расхода. Разность двух времен пропорциональна скорости потока жидкости, которая во вторичном приборе (конверторе) преобразуется в объёмный расход, массовый расход, скорость потока, скорость звука в жидкости и определяется направление потока.

Расходомер-счётчик OPTISONIC 3400 – врезной трёхлучевой ультразвуковой расходомер, предназначен для измерения объёмного расхода однородных проводящих и непроводящих жидкостей.

Расходомеры-счётчики ультразвуковые OPTISONIC 3400 производятся в компактном

исполнении, состоят из отрезка трубы с смонтированными в него ультразвуковыми приёмопередатчиками и конвертора сигналов, и присоединяются к трубопроводу с помощью фланцев. В расходомерах OPTISONIC 3400 предусмотрена возможность измерения потока жидкости как в прямом, так и в обратном направлениях.

Расходомеры OPTISONIC 6300 состоят из одного, двух или четырех первичных преобразователей OPTISONIC 6000 и конвертора UFC 300. Первичные преобразователи устанавливаются с внешней стороны трубопроводов, посредством крепления металлическими (или текстильными) лентами. Для эффективности работы контактная поверхность первичного преобразователя предварительно обрабатывается силиконовой смазкой. При помощи сигнального кабеля первичный преобразователь подключается к конвертору, который принимает измерительную информацию и рассчитывает значения параметров потока и расхода.

Расходомер OPTISONIC 6300 предназначен для измерения параметров жидкости и сжиженных газов, и включает в себя непрерывное измерение фактического объёмного расхода, массового расхода, скорости расхода, скорости звука, коэффициента усиления, отношения сигнал-шум и результата диагностики.

Вычисление цифрового идентификатора программного обеспечения и вывод его значения на ЖКИ расходомера не проводится. Для контроля работы расходомера в конверторе сигналов проводится самодиагностика. Для защиты от несанкционированного доступа к программному обеспечению расходомеров доступ к настройкам расходомера ограничен паролями и пломбами. Применённые специальные средства защиты в достаточной мере исключают возможность несанкционированной модификации, удаления и иных преднамеренных изменений программного обеспечения и измеренных данных.

К техническим характеристикам расходомера Optisonic 3400 относятся [4]:

- диаметр условный от 25 до 3000 мм;
- максимальное содержание газа в жидкости (по объёму) $\leq 2\%$;
- максимальное содержание твёрдых частиц (по объёму) $\leq 5\%$;
- вязкость измеряемой среды не более 1000 сСт;

- давление измеряемой среды не более 50 МПа;
- температура измеряемой среды от - 45 до + 140 °С;
- степень защиты от пыли и влаги IP66; IP67; IP68;
- переменное напряжение от 100 до 230 В; 24 В;
- постоянное напряжение от 12 до 24 В;
- потребляемая мощность переменного тока 22 Вт;
- постоянный ток 12 Вт;
- температура окружающей среды от - 50 до + 65°С

Внешний вид Optisonic 3400 представлен на рис. 4.



Рис. 4 - Внешний вид Optisonic 3400

Погрешности: $\pm 0,3\%$, $\pm 0,5\%$, $\pm 1,0\%$, $\pm 2,0\%$, $\pm 4,0\%$.

МПИ: 4 года.

К техническим характеристикам расходомера Optisonic 6300 относятся [5]:

- условный диаметр от 15 до 4000 мм;
- диапазон измерения скорости потока от 0 до 20 м/с;
- допускаемая относительная погрешность $\pm 1\%$;
- допускаемая относительная погрешность $\pm 3\%$;
- температура измеряемой среды от - 40 до +120°С;
- постоянное напряжение 24В;
- переменное напряжение 24В; 100 - 230В;

- выход токовый, импульсный, частотный;
- потребляемая мощность 22Вт;
- степень защиты: IP67; IP65, IP66;
- маркировка взрывозащиты 0ExialICT6 T4;

- габаритные размеры преобразователя не более 826,3 × 71 × 63,1мм;
- конвертора сигналов 202 × 296 × 277мм;
- масса накладного первичный преобразователя 3,6 кг;
- конвертора сигналов 5,7кг;
- температура от -40 до + 65°С;
- относительная влажность от 5 до 80 %.

Внешний вид Optisonic 6300 представлен на рис. 5.



Рис. 5 - Внешний вид Optisonic 6300

Погрешности: $\pm 1\%$, $\pm 3\%$.

МПИ: 4 года.

5. Счётчик газа TurboFlow UFG-F

Расходомер-счетчик газа ультразвуковой TurboFlow UFG-F, производства ООО НПО «Турбулентность-Дон» занесен в Государственный реестр средств измерений, предназначен для измерений объемного расхода и объема газа при рабочих условиях и вычислений объемного расхода и объема газа, приведенных к стандартным условиям, а также для вычислений массового расхода и массы природного газа.

Принцип измерений основан на разности времен прохождения ультразвукового импульса, направленного вдоль потока газа и против него. Измеренная разность времен, пропорциональная скорости потока, преобразуется в значение объемного расхода газа.

В состав расходомера входят:

- ультразвуковой преобразователь расхода;

- первичные преобразователи температуры и давления;
- электронный блок;
- расходомерный шкаф;
- промышленный компьютер;
- вычислитель расхода.

В состав узла учета входят датчики давления и температуры.

Диапазоны измерений абсолютного давления составляет от 0 до 40 МПа, допускаемая основная приведенная погрешность: $\pm 0,075 \%$, а допускаемая дополнительная приведенная погрешность составляет $\pm 0,015 \%$.

К техническим характеристикам расходомера TurboFlow UFG-F относятся [6]:

- диапазон измерений расхода газа от 1,5 до 32000 м³/ч;
- динамический диапазон, Q_{min} / Q_{max} 1:200;
- диапазон температур газа от -30 до +70 °С;
- диаметр условный от 50 до 500 мм;
- $0,01Q_{max}$ до $Q_{max} \pm 1,5 \%$;
- скорость потока газа в обоих направлениях не более 45 м/с;
- диапазон избыточного давления газа от 0 до 25 МПа;
- цифровой протокол и интерфейс HART, MODBUS RTU, RS-232, RS-232TTL и RS-485;
- напряжение питания, от внешнего блока питания от 12 до 24 В;
- температура окружающего воздуха от -30 до +70 °С;
- относительная влажность воздуха не более 95 %;
- атмосферное давление от 84,0 до 106,7 кПа;
- средняя наработка не менее 70000 ч.

Внешний вид TurboFlow UFG-F представлен на рис. 6.



Рис. 6 - Внешний вид TurboFlow UFG-F

Погрешности: $\pm 3,0 \%$ по расходу; $\pm 0,1\%$ по давлению; $\pm 0,15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ по температуре

МПИ: 4 года.

6. Расходомеры Взлет ЭМ, Взлет МР

Расходомер-счетчик электромагнитный «ВЗЛЕТ ЭМ» предназначен для измерения среднего объемного расхода и объема различных электропроводящих жидкостей в широком диапазоне температур и вязкостей в различных условиях эксплуатации.

Принцип работы электромагнитного расходомера основан на измерении электродвижущей силы индукции, возникающей в объеме электропроводящей жидкости, движущейся в магнитном поле, создаваемом электромагнитной системой в сечении канала первичного преобразователя расхода.

Расходомеры-счетчики электромагнитные «ВЗЛЕТ ЭМ» модификации ПРОФИ в зависимости от исполнения и программно заданных функций могут обеспечивать:

- измерение среднего объемного расхода при прямом и обратном направлении потока;
- определение объема нарастающим итогом отдельно для прямого и обратного направления потока, а также их алгебраической суммы с учетом направления потока;
- дозирование предварительно заданного значения объема жидкости или дозирование в режиме «старт-стоп» и определение при этом величины отмеренной дозы, времени дозирования и расхода в процессе дозирования;
- индикацию результатов измерений;
- вывод результатов измерений в виде токового, импульсно-частотного и логического сигналов;
- сохранение в энергонезависимой памяти установочных параметров;
- автоматический контроль и индикацию наличия нештатных ситуаций и отказов;
- вывод измерительной, диагностической, установочной и другой.

Расходомер состоит из электромагнитного первичного преобразователя расхода и вторичного преобразователя – микропроцессорного блока измерения.

Электромагнитный первичный преобразователь расхода представляет собой полый магнитопроницаемый цилиндр, снаружи которого размещены обмотки электромагнита. Внутренняя поверхность цилиндра имеет электроизоляционное

покрытие. Для съема измерительного сигнала в стенках цилиндра диаметрально расположены два электрода, контактирующие с контролируемой жидкостью.

Блок измерения содержит модуль обработки и модуль индикации.

К техническим характеристикам расходомера Взлет ЭМ относятся [7]:

- диаметр условного прохода от 10 до 300 мм;
- измеряемый расход от 0,042 до 3056 м³/ч;
- чувствительность расходомера скорости потока 0,02 м/с;
- давление в трубопроводе не более 2,5 МПа;
- удельная проводимость рабочей жидкости не менее 5×10^{-4} См/м;
- температура рабочей жидкости от - 10 до + 150 °С;
- напряжение питания 24 В;
- потребляемая мощность не более 4 Вт;
- средняя наработка на отказ 75 000 ч.

Внешний вид Взлет ЭМ представлен на рис. 7.



Рис. 7 - Внешний вид Взлет ЭМ

Погрешности: $\pm 2\%$, $\pm 1\%$, $\pm 0,5\%$ - ПРОФИ; $\pm 1\%$, $\pm 0,5\%$, $\pm 0,3\%$, $\pm 0,15\%$ - ЭКСПЕРТ.

МПИ: 4 года, для эталонных расходомеров - 1 год.

К техническим характеристикам расходомера Взлет МР относятся [8]:

- количество каналов измерения от 1 до 4;
- диаметр условного прохода трубопровода от 10 до 5000 мм;
- температура среды в трубопроводе от - 30 до + 160 °С;

- наибольшее давление в трубопроводе 2,5 МПа;
 - температура окружающей среды 0 до 65 °С;
 - температура рабочей среды от - 30 до + 120 °С;
 - относительная влажность окружающего воздуха 80 %;
 - атмосферное давление от 66,0 до 106,7 кПа;
 - переменное напряжение от 29 до 39 В;
 - постоянное от 22 до 29 В;
 - потребляемая мощность не более 12Вт;
 - средняя наработка на отказ 75 000 ч;
- Внешний вид Взлет МР представлен на рис. 8.



Рис. 8 - Внешний вид Взлет МР

МПИ: 4 года.

7. Расходомер Акрон-02-2 с накладными излучателями

Расходомер обеспечивает измерение объемного расхода и суммарного (интегрального) объема (количества) звукопроводящих жидкостей, протекающих в прямом и обратном направлении, с низким содержанием газообразных и твердых веществ при полностью заполненном сечении напорных трубопроводов, протекающих в прямом и обратном направлении. Допускается наличие в контролируемой среде газовых включений и твердых частиц в количестве не более 1 % объема контролируемой жидкости.

Расходомер обеспечивает измерение расхода в диапазоне от 2 % до 100 % верхнего предела измеряемого расхода.

Электронный блок БЭ-5 формирует выходной сигнал расходомера – показания жидкокристаллического дисплея, на котором отображается информация по: объемному расходу жидкости в каждом трубопроводе; суммарному (интегральному) объему (количество) жидкости, протекающей в каждом трубопроводе; скорости потока жидкости в каждом трубопроводе; времени работы расходомера и др.

К техническим характеристикам расходомера Акрон-02-2 относятся [9]:

- температура окружающего воздуха от - 20 до + 50 °С;
- напряжение питания 220 В;
- потребляемая мощность не более 10 Вт;
- атмосферное давление от 84 до 108 кПа;
- степень защиты ПП-1 IP67;
- степень защиты БЭ-5 IP65;
- масса расходомера ПП-1 не более 0,7 кг;
- масса расходомера БЭ-5 не более 2кг;
- средний срок службы 6 лет.

Внешний вид Акрон-02-2 представлен на рис. 9.



Рис. 9 - Внешний вид Акрон-02-2

Погрешности: $\pm 2,0 \%$.

МПИ: 3 года.

Список литературы

1. Расходомеры-счетчики ультразвуковые Prosonic Flow [Электронный ресурс] / ALL-Pribors.ru. – Электрон. дан. — М.: Справочно-информационный интернет-портал «Государственный реестр средств измерений», 2022. — Режим доступа: <https://all-pribors.ru/opisanie/29674-12-prosonic-flow-29032>. — Загл. с экрана.
2. Расходомеры электромагнитные Promag (мод. Promag 100, Promag 200, Promag 400, Promag 800) [Электронный ресурс] / ALL-Pribors.ru. – Электрон. дан. — М.: Справочно-информационный интернет-портал «Государственный реестр средств измерений», 2022. — Режим доступа: <https://all-pribors.ru/opisanie/61467-15-promag-mod-promag-100-promag-200-promag-400-promag-800-70375>. — Загл. с экрана.
3. Расходомеры электромагнитные Promag [Электронный ресурс] / ALL-Pribors.ru. – Электрон. дан. — М.: Справочно-информационный интернет-портал «Государственный реестр средств измерений», 2022. — Режим доступа: <https://all-pribors.ru/opisanie/14589-14-promag-6467>. — Загл. с экрана.
4. Расходомеры-счетчики ультразвуковые OPTISONIC 3400 [Электронный ресурс] / ALL-Pribors.ru. – Электрон. дан. — М.: Справочно-информационный интернет-портал «Государственный реестр средств измерений», 2022. — Режим доступа: <https://all-pribors.ru/opisanie/57762-14-optisonic-3400-61745>. — Загл. с экрана.
5. Расходомеры ультразвуковые OPTISONIC 6300 [Электронный ресурс] / ALL-Pribors.ru. – Электрон. дан. — М.: Справочно-информационный интернет-портал «Государственный реестр средств измерений», 2022. — Режим доступа: <https://all-pribors.ru/opisanie/33604-06-optisonic-6300-34006>. — Загл. с экрана.
6. Расходомеры-счетчики газа ультразвуковые Turbo Flow UFG - F [Электронный ресурс] / ALL-Pribors.ru. – Электрон. дан. — М.: Справочно-информационный интернет-портал «Государственный реестр средств измерений», 2022. — Режим доступа: <https://all-pribors.ru/opisanie/73188-18-turbo-flow-ufg-f>. — Загл. с экрана.
7. Расходомеры-счетчики электромагнитные ВЗЛЕТ ЭМ [Электронный ресурс] / ALL-Pribors.ru. – Электрон. дан. — М.: Справочно-информационный интернет-портал «Государственный реестр средств измерений», 2022. — Режим доступа: <https://all-pribors.ru/opisanie/30333-10-vzlet-em-29884> — Загл. с экрана.
8. Расходомеры-счетчики ультразвуковые ВЗЛЕТ МР [Электронный ресурс] / ALL-Pribors.ru. – Электрон. дан. — М.: Справочно-информационный интернет-портал «Государственный реестр средств измерений», 2022. — Режим доступа: <https://all-pribors.ru/opisanie/28363-14-vzlet-mr-27322> — Загл. с экрана.
9. Расходомеры ультразвуковые с накладными излучателями АКРОН-02 [Электронный ресурс] / ALL-Pribors.ru. – Электрон. дан. — М.: Справочно-информационный интернет-портал «Государственный реестр средств измерений», 2022. — Режим доступа: <https://all-pribors.ru/opisanie/52513-13-akron-02-55852> — Загл. с экрана.

8. Заключение

В статье представлены результаты сравнительного анализа технических и метрологических характеристик расходомеров различного типа, применяемых на промышленных предприятиях в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерения.

Необходимо рассмотреть порядок подготовки и включения средств измерений в работу, обслуживания во время работы, меры безопасности, порядок вывода в ремонт.

References

1. Ultrasonic flow meters Prosonic Flow [Electronic resource] / ALL-Pribors.ru. – Electron. dan. — M.: Reference and information Internet portal "State Register of Measuring Instruments", 2022. — Access mode: <https://all-pribors.ru/opisanie/29674-12-prosonic-flow-29032>. — Title from the screen.
2. Electromagnetic flowmeters Promag (mod. Promag 100, Promag 200, Promag 400, Promag 800) [Electronic resource] / ALL-Pribors.ru. – Electron. dan. — M.: Reference and information Internet portal "State Register of Measuring Instruments", 2022. — Access mode: <https://all-pribors.ru/opisanie/61467-15-promag-mod-promag-100-promag-200-promag-400-promag-800-70375>. — Title from the screen.
3. Electromagnetic flowmeters Promag [Electronic resource] / ALL-Pribors.ru. – Electron. dan. — M.: Reference and information Internet portal "State Register of Measuring Instruments", 2022. — Access mode: <https://all-pribors.ru/opisanie/14589-14-promag-6467>. — Title from the screen.
4. Ultrasonic flow meters OPTISONIC 3400 [Electronic resource] / ALL-Pribors.ru. – Electron. dan. — M.: Reference and information Internet portal "State Register of Measuring Instruments", 2022. — Access mode: <https://all-pribors.ru/opisanie/57762-14-optisonic-3400-61745>. — Title from the screen.
5. Ultrasonic flowmeters OPTISONIC 6300 [Electronic resource] / ALL-Pribors.ru. – Electron. dan. — M.: Reference and information Internet portal "State Register of Measuring Instruments", 2022. — Access mode: <https://all-pribors.ru/opisanie/33604-06-optisonic-6300-34006>. — Title from the screen.
6. Ultrasonic gas flow meters Turbo Flow UFG - F [Electronic resource] / ALL-Pribors.ru. – Electron. dan. — M.: Reference and information Internet portal "State Register of Measuring Instruments", 2022. — Access mode: <https://all-pribors.ru/opisanie/73188-18-turbo-flow-ufg-f>. — Title from the screen.
7. Electromagnetic flow meters TAKEOFF EM [Electronic resource] / ALL-Pribors.ru. – Electron. dan. — M.: Reference and information Internet portal "State Register of Measuring Instruments", 2022. — Access mode: <https://all-pribors.ru/opisanie/30333-10-vzlet-em-29884> — Title from the screen.
8. Ultrasonic flow meters TAKEOFF MP [Electronic resource] / ALL-Pribors.ru. – Electron. dan. — M.: Reference and information Internet portal "State Register of Measuring Instruments", 2022. — Access mode: <https://all-pribors.ru/opisanie/28363-14-vzlet-mr-27322> — Title from the screen.
9. Ultrasonic flowmeters with overhead emitters AKRON-02 [Electronic resource] / ALL-Pribors.ru. – Electron. dan. — M.: Reference and information Internet portal "State Register of Measuring Instruments", 2022. — Access mode: <https://all-pribors.ru/opisanie/52513-13-akron-02-55852> — Title from the screen.

РАЗДЕЛ 5. ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ИНЖЕНЕРИИ

УДК 621.039.531

АНАЛИЗ ПРИЧИН ПОВРЕЖДЕНИЯ КОРПУСА РЕАКТОРА ВВЭР-1000 В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИ ПОМОЩИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

И.А. Дюдяев¹, В.В. Майорова².

¹Студент 4 курса специальности: Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Севастополь, 299053, Россия, ntv5.5@mail.ru;

²Студент 4 курса специальности: Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Севастополь, 299053, Россия, vmaiorova0801@outlook.com;

Аннотация

Корпус реактора ВВЭР-1000 является очень важным и ответственным элементом в ЯЭУ. Безопасная эксплуатация АЭС напрямую зависит от его надежности, а также работоспособности. Но вследствие эксплуатационных факторов, а именно нейтронного облучения и тепловых воздействий, происходит развитие радиационных дефектов в металле корпуса реактора. В результате этого возникает охрупчивание металла, обуславливающееся возрастанием и сближением пределов текучести и прочности, сдвигом критической температуры хрупкости в сторону высоких температур, а также снижением ударной вязкости. Радиационное охрупчивание очень опасно для работы АЭС, так как с течением времени увеличивается вероятность хрупкого разрушения корпуса реактора и соответственно снижается срок его эксплуатации.

Эффективным способом решения проблемы продления ресурса корпуса реактора, является восстановительный отжиг металла сварного шва, который расположен на уровне активной зоны. Отжиг осуществляется только в области сварного шва.

В данной работе рассматриваются основные причины повреждения корпуса реактора ВВЭР-1000 в процессе длительной эксплуатации АЭС, а также возможный способ их устранения с помощью компьютерного моделирования в учебной программе T-FLEX CAD. Таким образом, довольно актуальной и перспективной задачей является использование компьютерного моделирования и внедрение его технологий в промышленность.

Ключевые слова: АЭС, корпус реактора, ВВЭР, обечайка, радиационное воздействие, T-FLEX CAD, моделирование, сварной шов, преципитаты, отжиг.

ANALYSIS OF THE CAUSES OF DAMAGE TO THE WWER-1000 REACTOR PRESSURE VESSEL DURING OPERATION USING COMPUTER MODELING

I.A. Dyudyaev¹, V.V. Mayorova².

¹Student of the specialty: "Nuclear power plants: design, operation and engineering", Sevastopol State University, Sevastopol, 299001, Russia, ntv5.5@mail.ru;

²Student of the specialty: "Nuclear power plants: design, operation and engineering", Sevastopol State University, Sevastopol, 299001, Russia, vmaiorova0801@outlook.com;

Abstract

The WWER-1000 reactor vessel is a very important and responsible element in a nuclear power plant. Safe operation of NPP directly depends on its reliability, as well as its operability. But due to operational factors, namely neutron irradiation and thermal impacts, radiation defects develop in the reactor vessel metal. This results in metal embrittlement, which is caused by an increase and convergence of the yield and strength limits, a shift of the critical brittleness temperature toward high temperatures, and a decrease in impact toughness. Radiation embrittlement is very dangerous for NPP operation, as the probability of brittle failure of reactor vessel increases with time and consequently its service life decreases.

An effective way to solve the problem of prolonging the reactor vessel lifetime is regenerative annealing of weld metal, which is located at the level of the core. Annealing is carried out only in the area of the weld.

In this paper the main causes of WWER-1000 reactor vessel damage during long-term operation of NPP and possible way of their elimination by means of computer simulation in the training program T-FLEX CAD are considered. Thus, rather urgent and promising task is the use of computer modeling and introduction of its technologies into industry.

Keywords: NPP, reactor vessel, WWER, shell, radiation exposure, T-FLEX CAD, modeling, welds, precipitates, annealing.

1. Введение

В настоящие дни компьютерное моделирование развивается с большими темпами. Оно стало незаменимым помощником во многих сферах жизнедеятельности человека. Например, с помощью компьютерного моделирования осуществляется проектирование необходимых деталей, объектов, моделей. Также это направление широко используется в медицине, строительстве, дизайне, транспорте, кино, компьютерных играх – для всех этих сфер компьютерное моделирование является неотъемлемым атрибутом.

Трёхмерное моделирование и анимации никогда не стоят на месте, они постоянно развиваются и модернизируются. Это дает возможность более качественно и эффективно проектировать, а также анализировать необходимые параметры, объекты. Поэтому цель нашей работы - произвести анализ повреждения корпуса реактора ВВЭР-1000 с помощью 3D-моделирования в учебной программе T- FLEX CAD.

2. Краткое описание

ВВЭР - водо-водяной корпусной энергетический ядерный реактор с водой под давлением является одним из наиболее успешных энергетических установок. Благодаря своим преимуществам реактор типа ВВЭР получил широкое распространение не только в России, но и во всем мире. В настоящее время в России находятся в эксплуатации 22 энергоблока с реактором типа ВВЭР, из них 13 энергоблоков с ВВЭР-1000 (рис.1).

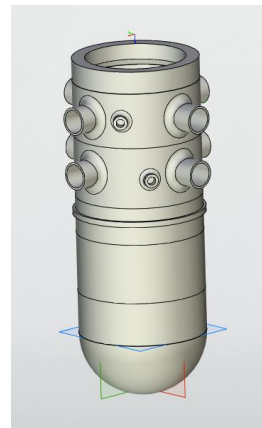


Рис 1 - Модель корпуса реактора ВВЭР-1000

Корпус является очень важным элементом реакторной установки и предназначен для размещения внутрикорпусных устройств и активной зоны реактора. Он представляет собой сварной вертикальный цилиндрический сосуд, состоящий из шести обечайек: фланцевой обечайки, обечайки верхних патрубков, обечайки нижних патрубков, опорной обечайки, двух гладких обечайек и эллиптического днища (рис.2). Высота корпуса реактора ВВЭР-1000 составляет 10897 мм, а его диаметр – 4585 мм. Верхний фланец обеспечивает соединение корпуса реактора с крышкой верхнего блока. Опорная обечайка обеспечивает прием веса всей металлоконструкции корпуса реактора. На обечайках верхних и нижних патрубков располагаются по 4 патрубка диаметром 850 мм, предназначенные для подсоединения главных циркуляционных трубопроводов теплоносителя, через которые осуществляется выход и вход теплоносителя с температурами 290 и 320°C соответственно. Также на этих обечайках имеются по 2 патрубка диаметром 350 мм системы аварийного охлаждения активной зоны (САОЗ). Для размещения контрольно-измерительных приборов (КИП) предназначен патрубок диаметром 250 мм, находящийся на уровне осей верхнего ряда патрубков. Все обечайки между собой соединены сварными швами.

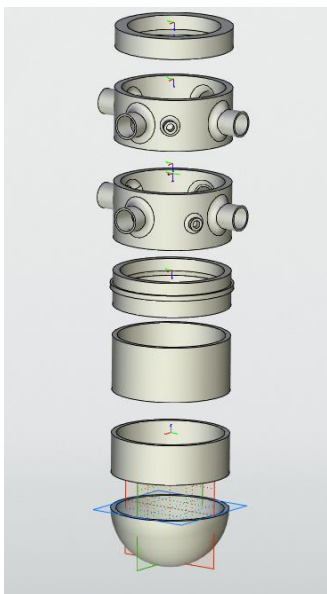


Рис 2 - Обечайки корпуса реактора ВВЭР-1000

Материалом, из которого изготовлены детали корпуса, является высокопрочная низколегированная углеродистая перлитная сталь 15Х2МНФА. Для снижения коррозии корпуса реактора на его внутренней поверхности, соприкасающейся с водой, сделана наплавка из аустенитной нержавеющей стали толщиной 7 мм. Сама толщина стенки корпуса в цилиндрической части составляет 190 мм, а в районе патрубков – 210 мм (рис.3). Рабочее давление в корпусе – 16,0 МПа; расчетное давление – 18,0 МПа; давление гидроиспытаний – 25,0 МПа.

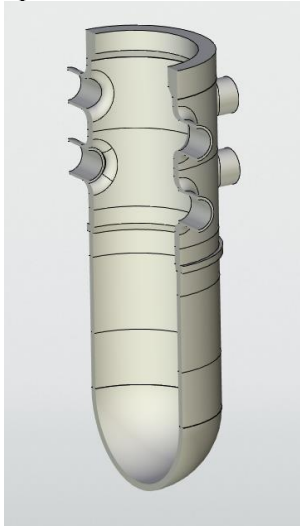


Рис 3 - Модель корпуса реактора ВВЭР-1000 в разрезе

Так как корпус реактора является главным незаменимым конструктивным элементом энергоблока ЯЭУ, определяющим его ресурс, то основная задача в процессе конструирования и изготовления корпусов ВВЭР заключается в обеспечении их

надежной и многолетней (примерно 30 лет) эксплуатации при различных режимах работы ядерного реактора. Работа корпуса реактора при его эксплуатации подвержена жестким условиям, которые связаны с высоким давлением и температурой теплоносителя, мощными потоками радиоактивного излучения, значительными скоростями теплоносителя. К тому же сам теплоноситель даже при высокой степени очистки является коррозионно-агрессивной средой. Также в период эксплуатации металл корпуса из-за колебаний давления и температуры испытывает периодические нагрузки. Такие колебания характерны для установившихся и переходных режимов, а также для плановых и аварийных остановов с понижением давления до атмосферного и уменьшением температуры до 60°C. Таким образом, вследствие потоков нейтронного облучения, циклических нагрузок и длительного теплового воздействия происходит постепенное изменение свойств материала.

Так как из-за высокой наведенной активности корпуса реактора, его осмотр и ремонт ограничен, то для оценки состояния металла корпуса реактора, то есть оценки изменения его механических свойств и критической температуры хрупкости металла, используются образцы-свидетели. Они выполняются двух типов: сборки с «лучевыми» образцами-свидетелями, на которых исследуются основной металл и металл сварного шва, а также сборки с «тепловыми» образцами-свидетелями, предназначенные для исследования металла зоны термического влияния обечайки корпуса реактора. В реакторной установке типа ВВЭР-1000 «лучевые» образцы-свидетели располагаются в верхней части выгородки (на торцевой поверхности верхнего кольца), а «тепловые» - на внутренней поверхности опорной обечайки блока защитных труб. Изготовление заготовок образцов-свидетелей осуществляется теми же способами и из того же металла, что и корпус реактора ВВЭР-1000.

3. Анализ

В процессе длительной эксплуатации реакторов типа ВВЭР происходит снижение свойств материала корпуса реактора под воздействием эксплуатационных факторов: термическое охрупчивание (повышение критической температуры хрупкости) из-за длительных тепловых воздействий и радиационное охрупчивание материалов напротив активной зоны, вследствие

нейтронного облучения. В результате этого снижаются пластичность и трещностойкость металла [1].

Под действием нейтронного облучения происходят структурные изменения корпусных сталей, образуются радиационные дефекты и радиационно-индуцированные преципитаты, обогащенные, по данным атомнозондовой томографии [2], в большей части, никелем, марганцем и кремнием в районе металла сварных швов, а также никелем и марганцем – в области основного металла. Помимо этого, образуются и зернограницные сегрегации фосфора.

Радиационно-индуцированные преципитаты, сегрегационные процессы как раз и обеспечивают высокий темп охрупчивания. В особенности это проявляется в металле сварных швов, где предельное содержание никеля может достигнуть 1,99 %. Сварные швы подвержены большему радиационному охрупчиванию, чем материал корпуса, что реализуется непрерывным ростом радиационно-индуцированных Ni-Mn-Si-обогащенных преципитатов, а также усилением сегрегационных процессов [3].

Таким образом в образцах-свидетелях металла сварных швов корпуса реактора ВВЭР-1000, вследствие радиационного охрупчивания, концентрация никеля превышает нормативную (более 1,65 %) [4]. Из-за этого такие сварные швы относятся к наиболее критичным элементам, которые снижают срок службы корпуса реактора и установки в целом (рис.4).



Рис 4. Сварные швы корпуса реактора

4. Способы решения проблемы

Одним из вариантов решения проблемы является минимизация количества сварных швов корпуса ядерного реактора при изготовлении (рис.5).

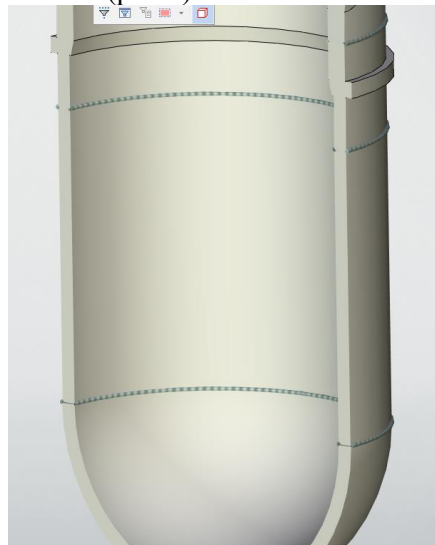


Рис 5 - Модернизация корпуса реактора

Таким образом, при помощи объединения двух гладких обечаек напротив активной зоны реактора приводит к уменьшению сварных швов на 1.

Эффективным способом решения проблемы для реакторов, находящихся в эксплуатации, восстановления физико-механических свойств металла после длительных воздействий нейтронного облучения, а также повышенных рабочих температур является восстановительных отжиг. При этом достигается почти полное восстановление исходных значений свойств металла, что в большой степени дает возможность продлить срок его эксплуатации. К тому же данный способ применим не только к корпусам реакторов типа ВВЭР-1000, выполненных из сталей феррито-мартенситного класса, но и к изделиям из коррозионностойких сталей, таких как внутрикорпусные устройства (ВКУ), расположенных в активной зоне реактора.

Сам процесс восстановительного отжига для ВВЭР заключается в термической обработке. Металл корпуса реактора нагревают до определенной температуры, выдерживают в течение определенного времени при этой температуре и в дальнейшем его охлаждают.

С помощью данного способа были успешно восстановлены свойства металла сварных швов корпусов реакторов ВВЭР-440. Но, так как корпуса реакторов ВВЭР-1000 и

ВВЭР-440 различны в химическом составе, конструкциях, а также в условиях эксплуатации, то соответственно их температурно-временные режимы восстановительного отжига неодинаковы. Поскольку радиационное охрупчивание происходит вследствие структурных изменений, то выбор режима восстановительного отжига должен выполнять следующие структурные критерии:

- образовавшиеся под облучением радиационные дефекты и радиационно-индуцированные преципитаты должны быть растворены;
- необходимо добиться снижения или отсутствия увеличения уровня зернограницных сегрегаций;
- должно отсутствовать увеличение накопления радиационно-индуцированных изменений структуры, а также повышение уровня зернограницных сегрегаций при дальнейшем облучении после восстановительного отжига.

5. Результаты

На основании проведенных исследований в российском научном центре «Курчатовский институт» был выбран и обоснован температурно-временной режим восстановительного отжига корпусов реактора ВВЭР-1000, содержащих высокую (более 1,65%) концентрацию никеля. Этот режим заключается в следующем: отжигаемые элементы корпуса реактора при температуре $565 \pm 15^\circ \text{C}$ выдерживают на протяжении 100 часов, при этом скорость охлаждения после выдержки при температуре отжига соответствует скорости охлаждения после отпуска во время штатной термообработки заготовок для корпуса реактора. При этой скорости охлаждения вторичное накопления сегрегаций в момент прохождения опасного интервала температур интенсивного развития отпускной хрупкости почти отсутствует. В связи с этим нагрев металла до температуры 565°C происходит со скоростью не более $20^\circ \text{C}/\text{ч}$, а его охлаждение до температуры 300°C со скоростью не более $20^\circ \text{C}/\text{ч}$, и в дальнейшем снижение температуры металла до 100°C осуществляется со скоростью не более $30^\circ \text{C}/\text{ч}$.

Восстановительный отжиг с данным температурно-временным режимом обеспечивает практически полное восстановление структуры и соответственно физико-механических свойств облученных

сварных швов, что обусловлено исчезновением дислокационных петель и существенным уменьшением плотности радиационно-индуцированных преципитатов (уменьшение происходит примерно в 50 раз), а также снижением уровня зернограницных сегрегаций (рис.4) [5].

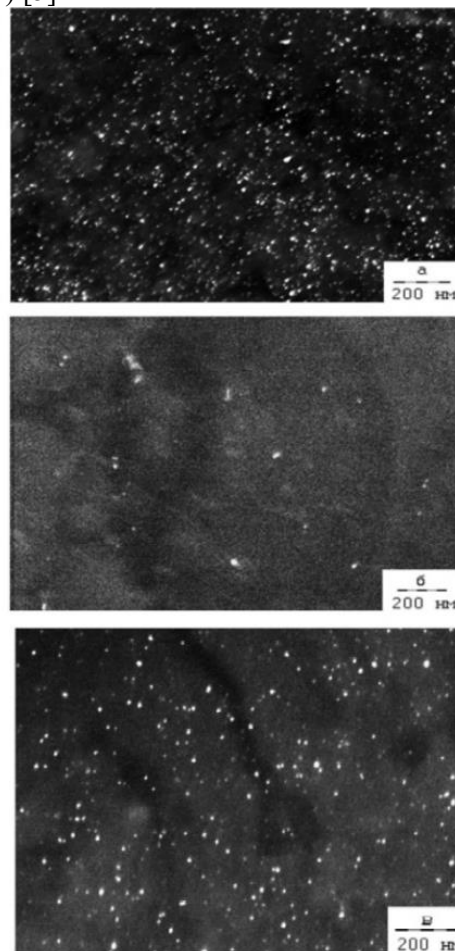


Рис. 4 - Электронно-микроскопические изображения радиационно-индуцированных преципитатов в металле сварного шва реактора ВВЭР-1000 при первичном облучении (а), восстановительном отжиге (б), повторном ускоренном облучении (в).

Таким образом, при вторичном после отжига ускоренном облучении образцов металла сварного шва реактора ВВЭР-1000 скорость накопления радиационно-индуцированных изменений структуры ниже, чем при первичном облучении, что соответственно и определяет меньшую скорость дальнейшего радиационного охрупчивания. Благодаря этому срок службы корпусов реактора продлевается до 60 и более лет (рис.5).

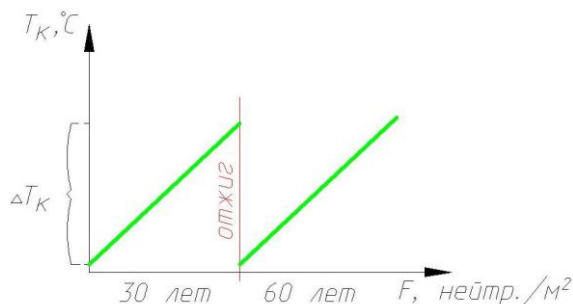


Рис. 5 - Восстановление свойств после проведения отжига

9. Заключение

Таким образом, в ходе данной работы была построена 3D модель корпуса реактора ВВЭР-1000, на основании которой были

Список литературы

1. Б.А. Гурович, Я.И. Штромбах, Е.А. Кулешова, С.В. Федотова. Структурные критерии выбора режима восстановительного отжига материалов корпусов реакторов ВВЭР-1000. - Материалы реакторов на тепловых нейтронах, 2010г., раздел 2, с.50.
2. Штромбах Я.И., Гурович Б.А., Кулешова Е.А. Экспериментальная оценка эффективности восстановительного отжига корпусов ВВЭР-1000. – Атомная энергия, октябрь 2010 Т.109, вып.4, с. 205-212.
3. Yu.A. Nikolaev. Radiation embrittlement of Cr-NiMo and Cr-Mo RPV steels // J. of ASTM Intern. 2007, v. 4, № 8, p. 1–17.
4. Я.И. Штромах, Б.А. Гурович, Е.А. Кулешова и др. Исследование влияния отжига облученных материалов корпусов реакторов ВВЭР-1000, обеспечивающего восстановление их микроструктуры и свойств до уровня, необходимого для продления срока службы до 60 лет // Proceedings of the eleventh international conference on material issues in design, manufacturing and operation of nuclear power plants equipment 14-18 June 2010, St. Petersburg, Russia, v. 1, p.46-55.
5. M.K. Miller, A.A. Chernobaeva, Y.I. Shtrombakh et al. Evolution of the nanostructure of VVER-1000 RPV materials under neutron irradiation and post irradiation annealing // J. Nucl. Mat. 2009, v.385, p. 615–622.

References

1. B.A. Gurovich, Y.I. Strombach, E.A. Kuleshova, S.V. Fedotova. Structural Criteria for Choice of Regime of Restoration Annealing of VVER-1000 RPV Materials. - Materials of Thermal Neutron Reactors, 2010, Section 2, p. 50.
2. Shtrombach Y.I., Gurovich B.A., Kuleshova E.A. Experimental Assessment of Recovery Annealing Efficiency of VVER-1000 RPVs. - Atomic Energy, October 2010, Vol.109, No.4, pp.205-212.
3. Yu.A. Nikolaev. Radiation embrittlement of Cr-NiMo and Cr-Mo RPV steels // J. of ASTM Intern. 2007, v. 4, № 8, p. 1–17.
4. Ya.I. Shtromakh, B.A. Gurovich, E.A. Kuleshova et al. Study of the Effect of Annealing of Irradiated VVER-1000 RPV Materials to Ensure Recovery of their Microstructure and Properties to the Level Required for Service Life Extension up to 60 Years // Proceedings of the eleventh international conference on material issues in design, manufacturing and operation of nuclear power plants equipment 14-18 June 2010, St. Petersburg, Russia, v. 1, p.46-55.
5. M.K. Miller, A.A. Chernobaeva, Y.I. Shtrombakh et al. Evolution of the nanostructure of VVER-1000 RPV materials under neutron irradiation and post irradiation annealing // J. Nucl. Mat. 2009, v.385, p. 615–622.

рассмотрены проблемы эксплуатации и методы их устранения.

В процессе произведенного анализа, основанного на структурных исследованиях и механических испытаниях, был выбран и обоснован режим восстановительного отжига корпусов реакторов ВВЭР-1000 с повышенным содержанием никеля. И в результате, благодаря, восстановительному отжигу с соответствующим режимом стало возможным продление срока эксплуатации корпуса реактора до 60 и более лет. Для новых реакторов одним из способов решения проблемы является уменьшения количества сварных швов корпуса реактора.

УДК 004.94

3D РЕДАКТОРЫ В ПРОМЫШЛЕННОЙ СФЕРЕ

Н. Н. Константинов¹, В. А. Семенов², А.Ю. Тараховский³

^{1,2}ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053, e-mail: kolachimin@gmail.com

³ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053, e-mail: aytarakhovskiy@sevsu.ru

Аннотация

С развитием новых электронных технологий появилось более развитое программное обеспечение в области телекоммуникаций и систем обработки данных, теперь составление проектов, схем, рисунков, графиков можно делать и на электронных устройствах, что даёт возможность проектировщикам (инженерам, дизайнерам) экономить массу времени на создании какого-либо проекта или же объекта-модели. В настоящее время моделирование используется во многих естественных науках, в гуманитарном познании, в дисциплинах, имеющих прикладной или практический характер. Так как описание предметов реального мира с помощью моделей удивительно эффективно. 3D-моделирование – это процесс использования программного обеспечения для представления объекта в трёхмерном виде. Для этого существует огромное количество сред программирования, однако в данной статье речь пойдёт о знакомстве с программой Blender. Она представляет собой программный комплекс для трёхмерного моделирования объектов и процессов, а также рендеринга, визуализирующего смоделированные сцены. Blender основан на сетке и больше подходит для графических приложений и превосходно подходит для работы с органическими моделями, в нем вы не работаете с (истинными) 3D-объектами, вы работаете с сетками (внутренняя часть полая). Характерной особенностью пакета Blender является его небольшой размер по сравнению с другими популярными пакетами для 3D-моделирования. Помимо открытого программного кода и, как следствие, бесплатного доступа, данный пакет отличается большой универсальностью и самодостаточностью.

Ключевые слова: модель, моделирование, информационное моделирование, компьютерная среда, компьютерная графика, графический 3D-редактор, 3D-моделирование, Blender, трёхмерная графика.

3D EDITORS IN THE INDUSTRIAL SPHERE

N.N. Konstantinov¹, V.A. Semenov², A.Yu. Tarakhovskiy³

^{1,2}FSAEI HE Sevastopol State University, st. University, 33, Sevastopol, Russian Federation, 299053, e-mail: kolachimin@gmail.com

³FSAEI HE Sevastopol State University, st. University, 33, Sevastopol, Russian Federation, 299053, e-mail: aytarakhovskiy@sevsu.ru

Abstract

With the development of new electronic technologies, more advanced software in the field of telecommunications and data processing systems has appeared, now the drafting of projects, diagrams, drawings, graphs can be done on electronic devices, which makes it possible for designers (engineers, designers) to save a lot of time on creating a project or a model object. Currently, modeling is used in many natural sciences, in the humanities, in disciplines that have an applied or practical nature. Since the description of real-world objects using models is surprisingly effective. 3D modeling is the process of using software to represent an object in three-dimensional form. There are a huge number of programming tools for this, but in this article we will talk about getting acquainted with the Blender program. It is a software package for three-dimensional modeling of objects and processes, as well as rendering, visualizing simulated scenes. Blender is based on a grid and is more suitable for graphical applications and is excellent for working with organic models, in it you don't work with (true) 3D objects, you work with grids (the inside is hollow). A characteristic feature of the Blender package is its small size compared to other popular packages for 3D modeling. In addition to the open source code and, as a result, free access, this package is very versatile and self-sufficient.

Keywords: model, modeling, information modeling, computer environment, computer graphics, 3D graphics editor, 3D modeling, Blender, three-dimensional graphics.

1. Введение

С развитием новых электронных технологий появилось более развитое

программное обеспечение в области телекоммуникаций и систем обработки данных, теперь составление проектов, схем,

рисунков, графиков можно делать и на электронных устройствах, что даёт возможность проектировщикам (инженерам, дизайнерам) экономить массу времени на создании какого-либо проекта или же объекта-модели.

3D моделирование процесс создания виртуальных моделей любых объектов, позволяющие максимально точно представить размер, текстуру, форму, оценить внешний вид [1].

К примеру, проектирование товаров. Для увеличения сбыта продукции необходимо придать привлекательный внешний вид и при этом важно сохранить все свойства изделия, её геометрию и размеры. 3D моделирование в этом деле незаменима. При помощи программ дизайнер может воплотить любую свою фантазию. Затем созданная модель тщательно изучается заказчиком. Если будут замечания, то модель корректируется. Таким образом, промышленный дизайн делает идею материальной, а продукцию предприятия конкурентоспособной на рынке товаров.

2. Области применения 3D – моделирования

Реклама и маркетинг

Трёхмерная графика незаменима для презентации будущего изделия. Для того, чтобы приступить к производству необходимо нарисовать, а затем создать 3D-модель объекта. А, уже на основе 3D-модели, с помощью технологий быстрого прототипирования (3D-печать, фрезеровка, литье силиконовых форм и т.д.), создается реалистичный прототип (образец) будущего изделия.

После рендеринга (3D-визуализации), полученное изображение можно использовать при разработке дизайна упаковки или при создании наружной рекламы, POS-материалов и дизайна выставочных стендов.

Городское планирование

С помощью трёхмерной графики достигается максимально реалистичное моделирование городской архитектуры и ландшафтов – с минимальными затратами. Визуализация архитектуры зданий и ландшафтного оформления дает возможность инвесторам и архитекторам ощутить эффект присутствия в спроектированном пространстве. Что позволяет объективно оценить достоинства проекта и устранить недостатки.

Промышленность

Современное производство невозможно представить без до производственного моделирования продукции. С появлением 3D-технологий производители получили возможность значительной экономии материалов и уменьшения финансовых затрат на инженерное проектирование. С помощью 3D-моделирования дизайнеры-графики создают трехмерные изображения деталей и объектов, которые в дальнейшем можно использовать для создания пресс-форм и прототипов объекта.

Компьютерные игры

Технология 3D при создании компьютерных игр используется уже более десяти лет. В профессиональных программах опытные специалисты вручную прорисовывают трехмерные ландшафты, модели героев, анимируют созданные 3D-объекты и персонажи, а также создают концепт-арты (концепт-дизайны).

Кинематограф

Вся современная киноиндустрия ориентируется на кино в формате 3D. Для подобных съемок используются специальные камеры, способные снимать в 3D-формате. Кроме того, с помощью трёхмерной графики для киноиндустрии создаются отдельные объекты и полноценные ландшафты.

Архитектура и дизайн интерьеров

Технология 3D моделирования в архитектуре давно зарекомендовала себе с наилучшей стороны. Сегодня создание трёхмерной модели здания является незаменимым атрибутом проектирования. На основании 3D модели можно создать прототип здания. Причем, как прототип, повторяющий лишь общие очертания здания, так и детализированную сборную модель будущего строения.

Что же касается дизайна интерьеров, то, с помощью технологии 3D-моделирования, заказчик может увидеть, как будет выглядеть его жилище или офисное помещение после проведения ремонта.

Анимация

С помощью 3D-графики можно создать анимированного персонажа, «заставить» его двигаться, а также, путем проектирования сложных анимационных сцен, создать полноценный анимированный видеоролик.

Как можно заметить спектр применения технологии 3D – моделирования невероятно огромен, а область применения очень обширна. Это делает технологию очень востребованной во всех сферах производства, как в науке, так и кинематографе [2].

3. Преимущества использования 3D моделирование и среды разработки

Использование 3D моделирования в промышленной сфере предоставляет основателям некоторые преимущества, среди которых:

- Быстрая разработка новых изделий.
- Снижение затрат на разработку.
- Готовые 3D модели могут быть изменены в любое время, внося необходимые корректировки, при минимальных затратах.
- Предоставление потребителям и инвесторам *preview* продукта.

В качестве среды для 3D разработки наибольшей популярностью обладают

- Blender – многофункциональная профессиональная программа для создания трехмерной графики и анимации. Предоставляющая пользователю множество мощных инструментов, включая скульптинг, текстурирование, анимации, симуляции, монтажа, рендеринга, постобработки, а также создания 2D – анимации.
- AutoCad – программное обеспечение для трехмерного

компьютерного моделирования, которое разработано для проектирования и создание моделей зданий, изделий, планирования производства, управление трехмерной печатью.

AutoCad больше подходит для архитектурно-строительного проектирования и промышленного дизайна. С помощью этой программы можно не только разработать трехмерную модель продукта, но и оформить его максимально детализированные чертежи, а также напечатать детали на 3D принтере [3].

Blender больше нацелен на внешний вид продукта и позволяет создавать детализированные модели продукта для последующей презентации или рекламы. Так же программа позволяет создать проморолик с анимацией или другой цифровой продукт использующий объект [4 - 6].

Это дает нам понять то, что технология является очень удобным, быстрым методом решения некоторых задач, а среда разработки в нынешнее время может предложить разных спектр функций.

4. Практическая часть

Рассмотрим процесс моделирования игрушечной машинки в Blender.

Для начала создаем двухмерную модель машины, повторяющую форму исходного объекта.

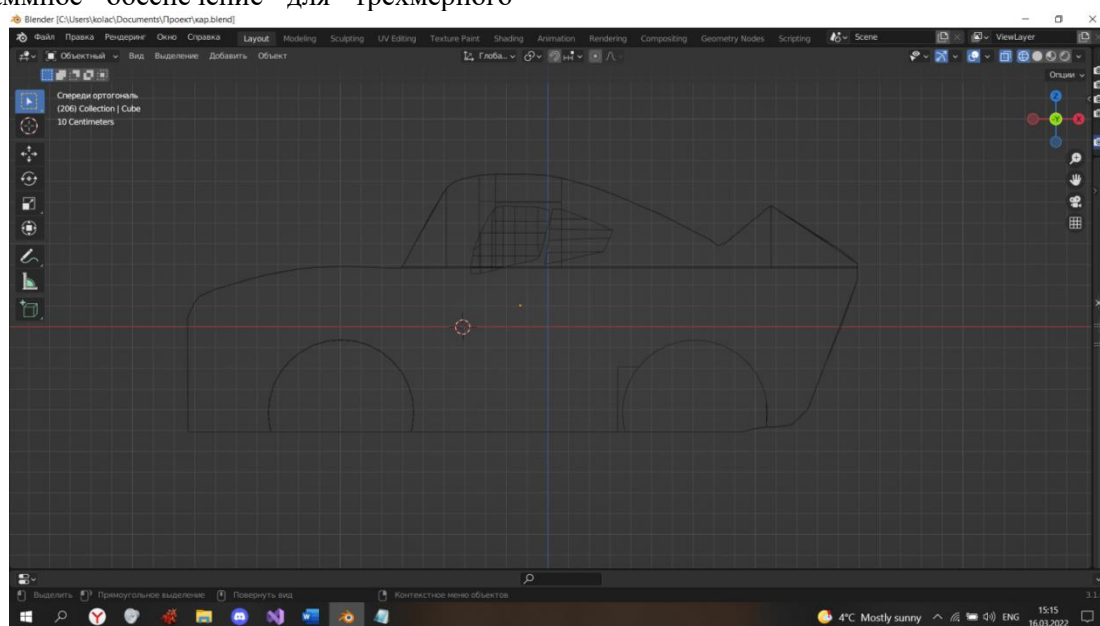


Рис. 1 - Проектирование двухмерной модели

Задав желаемую ось, вытягиваем двухмерную модель, в нашем случае это ось Y.

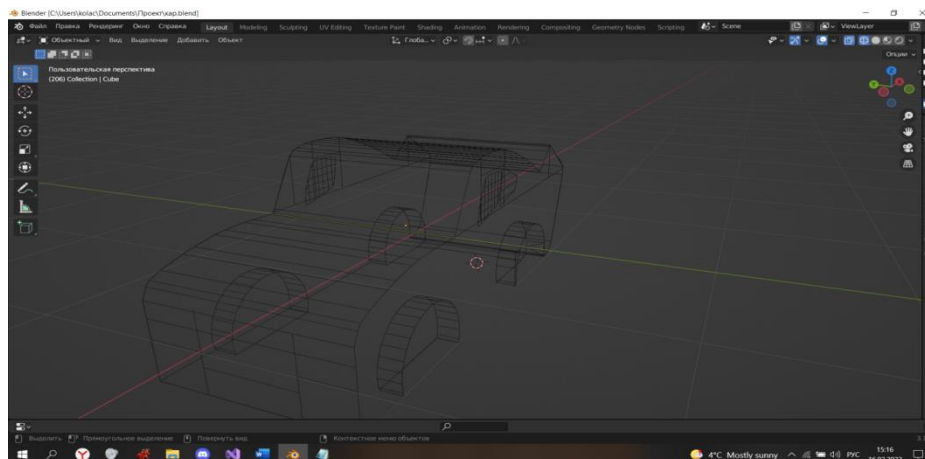


Рис. 2 - Вытягивание двухмерной модели в трехмерную

Далее разрабатываем материал для текстурирования модели. Для этого используем ноды шума и его корректного

отображения. Этим мы создадим продольные бороздки, напоминающие структуру дерева.

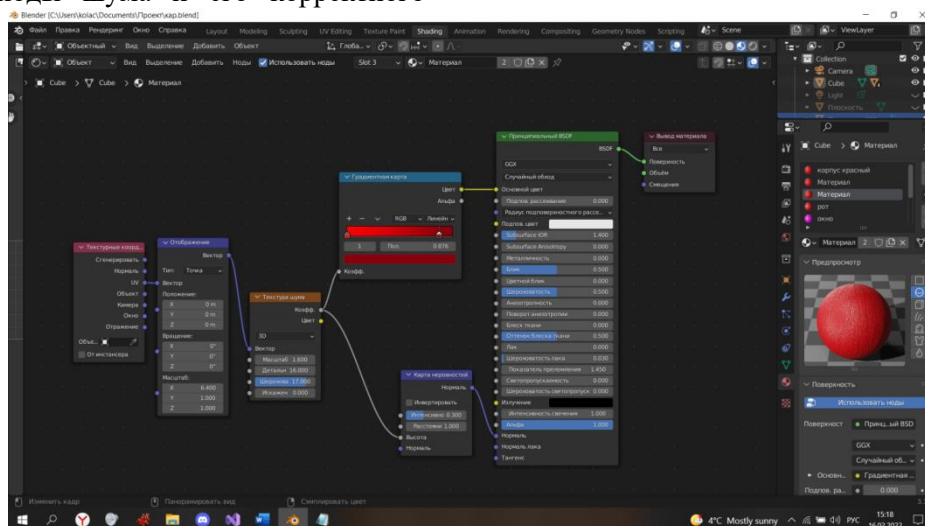


Рис. 3 - Создания реалистичного материала дерева

Выделяя определенные грани добавляем им текстуру глаз, фар, рта и наклеек, добавляем колеса. Объединяем весь объект в 1,

задаем изображению фон. После начинаем рендер



Рис. 4 - Наложение текстур, создание колес и финальный рендер объекта

Проектирование и сборка, и последующая съемка данной модели для использования ее в рекламных блоках без использования 3д-моделирование, затребовало бы гораздо больше времени. В 3-д редакторе блендер полное создание данной модели затребовало 4 часа реального времени.

5. Заключение

Использование программы для 3D моделирования в промышленной сфере даёт

колоссальное преимущество над аналоговыми методами проектирования и, при грамотном подходе, может стабильно повысить уровень предприятия за счёт увеличения ассортимента поставляемых продуктов. Это, в свою очередь, позволит принимать заказы от других фирм из различных сфер деятельности, тем самым увеличив конкурентоспособность

Список литературы

1. Тараховский А.Ю. Геометрическое моделирование и автоматизация процесса его изучения / А.Ю. Тараховский // Образование в цифровую эпоху: сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции преподавателей, студентов, аспирантов, докторантов и заинтересованных лиц, г. Нижний Новгород, 10-11 декабря 2019 г. - Нижний Новгород: Изд-во НГПУ им. Козьмы Минина, 2019. - С. 68-72.
2. Филиппов, С. В. Программная платформа Blender как среда моделирования объектов и процессов естественно-научных дисциплин / С. В. Филиппов // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. – 2018. – № 230. – С. 1-42. – DOI 10.20948/prepr-2018-230.
3. Графические дисциплины в системе дистанционного обучения Moodle / О. В. Мухина, А. Ю. Тараховский, Ю. О. Стреляная, С. Е. Сазонов // Современное педагогическое образование. – 2022. – № 2. – С. 75-79.
4. Лебедева, А. В. Элективный курс по информатике "3D-моделирование в среде blender" / А. В. Лебедева // Студенческий вестник. – 2020. – № 46-7(144). – С. 17-19.
5. Blender Basics 3-rd edition [Электронный ресурс] // Сайт B3D MEZON. – 2014. – Режим доступа: http://sigma-server.com/b3d_files/BlenderBasics-rus.pdf. – 05.03.2022.
6. Толстова, Д. В. Обучение трехмерному моделированию с использованием возможностей Blender / Д. В. Толстова // Информационные технологии в современном мире - 2021 : материалы XVII Всероссийской студенческой конференции, Екатеринбург, 14 мая 2021 года. – Екатеринбург: Автономная некоммерческая организация высшего образования "Гуманитарный университет", 2021. – С. 101-104.

References

1. Tarakhovsky A.Yu. Geometric modeling and automation of the process of its study / A.Yu. Tarakhovsky // Education in the digital age: a collection of articles based on the materials of the International Scientific and Practical Conference of teachers, students, postgraduates, doctoral students and interested persons, Nizhny Novgorod, December 10-11, 2019 - Nizhny Novgorod: Publishing House of NGPU im. Kozma Minina, 2019. - pp. 68-72.
2. Filippov, S. V. Blender software platform as an environment for modeling objects and processes of natural science disciplines / S. V. Filippov // Preprints of M.V. Keldysh IPM. – 2018. – No. 230. – pp. 1-42. – DOI 10.20948/prepr-2018-230.
3. Graphic disciplines in the Moodle distance learning system / O. V. Mukhina, A. Yu. Tarakhovsky, Yu. O. Strelyanaya, S. E. Sazonov // Modern pedagogical education. – 2022. – No. 2. – pp. 75-79.
4. Lebedeva, A.V. Elective course in computer science "3D modeling in the blender environment" / A.V. Lebedeva // Student Bulletin. – 2020. – № 46-7(144). – Pp. 17-19.
5. Blender Basics 3-rd edition [Electronic resource] // B3D MEZON website. – 2014. – Access mode: http://sigma-server.com/b3d_files/BlenderBasics-rus.pdf. – 05.03.2022.
6. Tolstova, D. V. Teaching three-dimensional modeling using Blender capabilities / D. V. Tolstova // Information technologies in the modern world - 2021 : materials of the XVII All-Russian Student Conference, Yekaterinburg, May 14, 2021. – Yekaterinburg: Autonomous Non-commercial organization of Higher Education "Humanitarian University", 2021. – pp. 101-104.

РАЗДЕЛ 6. АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ

УДК 62-52

АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РОБОТИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

М.А. Борисов¹, С.Е. Лимонов¹

¹ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», пр-т Московский, 15,
Чебоксары, Российская Федерация, 428015, e-mail: limonov.mbf@gmail.com

Аннотация

На сегодняшний день автоматизация все более широко применяется во всех отраслях промышленности. Идет переход от механизированного производства в автоматизированное производство. Благодаря автоматизированному производству имеется возможность оптимизировать процессы управления, улучшить качество продукции, а также повысить производительность труда. Существенный вклад в повышение производительности и качества обработки изделия вносит робототехника. Однако, ввод в эксплуатацию роботизированной ячейки, а также обучение специалистов в условиях реального производства может оказаться весьма затратным с точки зрения финансов и времени. Используемые при обучении компьютерные информационные технологии наглядно поясняют теорию реальных процессов и объектов, но не дают возможности поработать с реальной аппаратурой. В данной статье анализируются роботизированные оборудования для исследований в области автоматизации производственных процессов, выделяются их преимущества и недостатки. Приводится рисунок-таблица с роботизированными комплексами, где описаны критерии и модель каждого из упомянутого оборудования. Сравнив эти комплексы, для дальнейшего совершенствования конструкции и программного обеспечения был выбран сборочно-сортировочный стенд с компьютерным управлением РСС УР. Определены задачи и намечены пути его модернизации.

Ключевые слова: роботизированное оборудование, роботизированный комплекс, программируемое устройство, автоматическое управление, микроконтроллер, управляющая программа, программирование.

ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF ROBOTIC EQUIPMENT FOR RESEARCH IN FIELD OF AUTOMATION OF PRODUCTION PROCESSES

M.A. Borisov¹, S.E. Limonov¹

¹FSBEI HE "Chuvash State University named after I.N. Ulyanov", Ave Moskovsky, 15,
Cheboksary, Russian Federation, 428015, e-mail: limonov.mbf@gmail.com

Abstract

Today, automation is increasingly used in all industries. There is a transition from mechanized production to automated production. Thanks to automated production, it is possible to optimize management processes, improve product quality, and increase labor productivity. Robotics makes a significant contribution to improving the productivity and quality of product processing. However, the commissioning of a robotic cell, as well as the training of specialists in real production conditions, can be very costly in terms of finances and time. The computer information technologies used in training clearly explain the theory of real processes and objects, but do not provide an opportunity to work with real equipment. This article analyzes robotic equipment for research in the field of automation of production processes, highlights their advantages and disadvantages. A figure-table with robotic complexes is given, where the criteria and model of each of the mentioned equipment are described. Comparing these complexes, for further improvement of the design and software, an assembly and sorting stand with computer control RSS UR was chosen. Tasks are defined and ways of its modernization are outlined.

Key words: robotic equipment, robotic complex, programmable device, automatic control, microcontroller, control program, programming.

1. Введение

На сегодняшний день автоматизация все более широко применяется во всех отраслях промышленности. Идет переход от механизированного производства в автоматизированное производство [1-6]. Существенный вклад в повышение производительности и качества обработки изделия вносит робототехника. Однако, ввод в эксплуатацию роботизированной ячейки, а также обучение специалистов (в том числе и студентов) в условиях реального производства может оказаться весьма затратным с точки зрения финансов и времени.

Используемые при обучении компьютерные информационные технологии [7-10] наглядно поясняют теорию реальных процессов и объектов, но не дают возможности поработать с реальной аппаратурой.

Поэтому актуальна разработка реальных устройств, которые позволяют моделировать процессы управления роботами для транспортирования виртуальных технологических объектов.

В связи с чем, целью исследований является анализ и определение путей совершенствования роботизированного оборудования для исследований в области автоматизации производственных процессов.

2. Роботизированное оборудование

Существует множество учебно-исследовательских роботизированных комплексов. Каждый из них имеет свою особенность и техническую принадлежность. К примеру, приведем несколько подобных роботизированных учебных комплексов:

а) Автоматизированный сборочный стенд с компьютерным управлением и техническим зрением (рис. 1).



Рис. 1 – Автоматизированный сборочный стенд с компьютерным управлением и техническим зрением (АРС-УР-ТЗ УП-647)

Он обеспечивает распознавание сборочных элементов, произвольно расположенных в рабочей зоне видеокамеры и, согласно заданной пользователем программе сборки, перемещение и установка их роботом в заданное место сборки.

б) Роботизированная сборочная линия с компьютерным управлением транспортно-накопительной системы и техническим зрением (рис. 2).



Рис. 2 – Роботизированная сборочная линия с компьютерным управлением транспортно-накопительной системы и техническим зрением (РСТРТЗР УП-153)

Она обеспечивает автоматизированную сборку сборочных элементов, первоначально расположенных в накопителях, согласно заданной пользователем программе. Сборочные элементы толкателями выдвигаются из накопителей и затем роботом перемещаются поочередно к месту сборки на конвейере. Техническое зрение обеспечивает установку деталей в нужное место. Собранный узел перемещается конвейером к склизу и толкателем сталкивается на склиз. Транспортная система снабжена конечными выключателями.

с) Роботизированный сборочный стенд с компьютерным управлением. Он обеспечивает автоматизированную сборку сборочных элементов, установленных в заданные позиции склада (рис. 3).



Рис. 3 – Роботизированный сборочный стенд с компьютерным управлением (РСС УП-151)

д) Роботизированный сборочный-сортировочный стенд с компьютерным управлением (рис. 4).



Рис. 4 - Роботизированный сборочный-сортировочный стенд с компьютерным управлением РСС УР

Ниже приведена таблица 1 для сравнения технических характеристик рассмотренных роботизированных комплексов.

Таблица 1. Технические характеристики роботизированных комплексов

Критерии \ Модель учебного комплекса	АРС-УР-ТЗ УП-647	РСТРТЗР УП-153	РСС УП-151	РСС УР
учебный робот с компьютерным управлением	Да	Да	Да	Да
элементы технического зрения	Да	Нет	Нет	Нет
компьютерные имитаторы работа	Да	Да	Да	Да
персональный компьютер	Да	Да	Да	Да
сборочные элементы	Да	Да	Да	Да
подиум	Да	Да	Да	Нет
CD-R с программным обеспечением	Да	Да	Да	Нет
учебное пособие (устройство, программирование, наладка);	Да	Да	Да	Нет
сопровождение программного обеспечения	Да	Да	Да	Нет
Стоимость, руб.	450000-1500000	600000-800000	460000-560000	60000-80000

3. Выбор исследуемого роботизированного оборудования

Приведённые учебные комплексы обладают отличной кинематикой и имеют ряд преимуществ, такие как наличие камеры для

Список литературы

1. Лимонов С.Е., Борисов М.А. Разработка программируемого устройства для моделирования процесса управления транспортным роботом в автоматической линии термообработки виртуальных деталей. В сборнике: Современные технологии: проблемы и перспективы. сборник статей всероссийской научно-практической конференции для аспирантов, студентов и молодых учёных. Севастополь, 2020. С. 97-101.
2. Борисов М.А. Разработка конструкции устройства для автоматического управления потоком жидкости, подаваемого к нескольким потребителям/ Борисов М.А., Мишин С.А.//Современные технологии в

технического зрения, линейные направляющие, защитные кожухи на органах робота, система управления шаговыми двигателями, подиум и т.д.

Рассмотрим совершенствование конструкции и программного обеспечения сборочно-сортировочного стенда с компьютерным управлением РСС УР. Он выбран для модернизации поскольку имеет ряд недостатков (см. таблицу 1), но имеет минимальную стоимость. Путем модификации данной модели робота-манипулятора можно получить роботизированное оборудование по функционалу не уступающему аналогам, но дешевле их.

4. Пути совершенствования исследовательского оборудования

В первую очередь необходимо сделать подиум для закрепления робота-манипулятора. Перевести физическую модель роботизированного комплекса в 3D-модель, для дальнейшего проектирования защитных кожухов, креплений для оптических датчиков. Во-вторых, необходимо добавить четвертое звено для вращения захвата и интегрировать камеру для технического зрения. В-третьих, будет разработана программа для ноутбука, который поставлялся в комплекте с роботизированным сборочно-сортировочным стендом. В этой программе предусматривается вывод изображения с камеры. Алгоритм работы позволит определять цвет объекта, форму и его ориентацию в пространстве.

5. Заключение

В работе проведен анализ технических характеристик ряда учебных роботизированных сборочно-сортировочных стендов с компьютерным управлением и выбран для дальнейшего совершенствования конструкции и программного обеспечения сборочно-сортировочный стенд с компьютерным управлением РСС УР. Определены задачи и намечены пути его модернизации

машиностроении и литейном производстве материалы III Международной научно-практической конференции. 2017. с. 201-206. 101.

3. Борисов М.А. Разработка конструкции и алгоритма функционирования программируемого устройства для автоматического управления процессом выборочной доставки жидкости/ Борисов М.А., Григорьев В.С.//Современные технологии в машиностроении и литейном производстве. Материалы II-ой международной научно-практической конференции. Чебоксары; Чуваш. гос. ун-т, 2016. с. 243-246.

4. Борисов М.А. Разработка конструкции программируемого устройства для автоматического управления согласованной работой серводвигателя и насоса/ Борисов М.А., Мишин В.А.// Проектирование и перспективные технологии в машиностроении и металлургии». Материалы II-ой Республиканской научнопрактической конференции. Министерство образования и науки РФ; ФГБОУ ВПО "Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова". 2016. с. 104-110.

5. Борисов М.А. Разработка программируемого устройства для управления параметрами тока при электрохимической обработке/ Борисов М.А., Мишин В.А., Дементьев Д.А.// В сборнике: Проектирование и перспективные технологии в машиностроении, металлургии и их кадровое обеспечение. Материалы III-ей Всероссийской научно-практической конференции. Ответственный редактор И.Е. Илларионов. 2017. С. 188-192.

6. Борисов М.А. Разработка меню устройства для автоматического управления потоком жидкости/ Борисов М.А., Мишин С.А.// В сборнике: Современные технологии в машиностроении и литейном производстве. Материалы IV Международной научно-практической конференции. Под редакцией И.Е. Илларионова. 2018. С. 498-502.

7. Янюшкин А.С., Лобанов Д.В., Рычков Д.А. Программные продукты для автоматизации подготовки инструментального производства на предприятиях. Ползуновский альманах. 2008. № 4. С. 214-216.

8. Yanyushkin A.S., Lobanov D.V., Rychkov D.A. Automation tool preparation in the conditions of production. Applied Mechanics and Materials. 2015. T. 770. C. 739-743.

9. Лобанов Д.В., Григорьев В.С., Мулюхин Н.В., Гартфельдер В.А. Основы методики автоматизированного проектирования безрезонансных вибрационных систем. Прогрессивные технологии и системы машиностроения. 2018. № 1 (60). С. 56-61.

10. Лобанов Д.В., Купцов М.В., Мулюхин Н.В. Мобильное приложение для автоматизации организационно-технологической подготовки производства. Актуальные проблемы в машиностроении. 2020. Т. 7. № 3-4. С. 26-31.

References

1. Limonov S.E., Borisov M.A. Development of a programmable device for modeling the process of controlling a transport robot in an automatic line for heat treatment of virtual parts. In the collection: Modern technologies: problems and prospects. collection of articles of the All-Russian scientific-practical conference for graduate students, students and young scientists. Sevastopol, 2020. pp. 97-101.

2. Borisov M.A. Development of the design of a device for automatic control of the flow of liquid supplied to several consumers / Borisov M.A., Mishin S.A. // Modern technologies in mechanical engineering and foundry production materials of the III International scientific and practical conference, 2017. pp. 201-206. 101.

3. Borisov M.A. Development of the design and operation algorithm of a programmable device for automatic control of the process of selective liquid delivery / Borisov M.A., Grigoriev V.S.//Modern technologies in mechanical engineering and foundry production. Materials of the II-nd international scientific-practical conference. Cheboksary; Chuvash. state un-t, 2016. pp. 243-246.

4. Borisov M.A. Development of the design of a programmable device for automatic control of the coordinated operation of a servomotor and a pump / Borisov M.A., Mishin V.A. // Design and advanced technologies in mechanical engineering and metallurgy. Materials of the II Republican Scientific and Practical Conference. Ministry of Education and Science of the Russian Federation; FSBEI HPE "Chuvash State University named after I.N. Ulyanov", 2016. pp. 104-110.

5. Borisov M.A. Development of a programmable device for controlling current parameters in electrochemical processing / Borisov M.A., Mishin V.A., Dementiev D.A. // In the collection: Design and advanced technologies in mechanical engineering, metallurgy and their staffing. Materials of the III-rd All-Russian scientific-practical conference. Managing editor I.E. Illarionov, 2017. pp. 188-192.

6. Borisov M.A. Development of a menu for a device for automatic control of the fluid flow / Borisov M.A., Mishin S.A. // In the collection: Modern technologies in mechanical engineering and foundry production. Materials of the IV International Scientific and Practical Conference. Edited by I.E. Illarionov, 2018. pp. 498-502.

7. Yanyushkin A.S., Lobanov D.V., Rychkov D.A. Software products for automating the preparation of tool production at enterprises. Polzunov almanac, 2008. No. 4. pp. 214-216.

8. Yanyushkin A.S., Lobanov D.V., Rychkov D.A. Automation tool preparation in the conditions of production. Applied Mechanics and Materials, 2015. Vol. 770. pp. 739-743.

9. Lobanov D.V., Grigoriev V.S., Mulyukhin N.V., Gartfelder V.A. Fundamentals of the methodology for computer-aided design of non-resonant vibration systems. Progressive technologies and systems of mechanical engineering, 2018. No. 1 (60). pp. 56-61.

10. Lobanov D.V., Kuptsov M.V., Mulyukhin N.V. Mobile application for automation of organizational and technological preparation of production. Actual problems in mechanical engineering, 2020. Vol. 7. No. 3-4. pp. 26-31.

РАЗДЕЛ 7. ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИССЛЕДОВАНИЯ И ИННОВАЦИИ

УДК 664.1

ТЕХНОЛОГИИ 3D-ПЕЧАТИ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

С.В. Дерюгин¹, Ю.О. Стреляная²

¹ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053, e-mail: kremen.deryugin@yandex.ua

² ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Российская Федерация, 299053, e-mail: YOStrelyanaya@sevsu.ru

Аннотация

В статье рассматривается одно из современных направлений, применяемых в развитии пищевой отрасли: 3D-печать.

Использование 3D-печати в пищевой промышленности актуально, особенно в последнее время, о чем свидетельствует ряд начинающих компаний по производству 3D-принтеров собственных торговых марок, использующих различные пищевые вещества (шоколад, сахар, какао-порошок, макароны, фарш из сырья животного происхождения, растительные гидрогели, соус, сливки), кроме того, философия и концептуальные идеи компаний имеют некоторые особенности позиционирования на рынке.

Авторами проведён анализ сильных и слабых сторон, возможностей и угроз новой технологии (SWOT-анализ), показаны перспективы и риски внедрения технологии 3D печати пищевой продукции на отечественных предприятиях пищевой промышленности и общественного питания.

Ключевые слова: 3D печать пищевой продукции, пищевая индустрия, продовольственная проблема, инновационное развитие.

3D PRINTING TECHNOLOGIES IN THE FOOD INDUSTRY

S.V. Deryugin¹ student, Yu. O. Strelyanaya² cand. sc. tech

¹ Sevastopol State University, 33 Universitetskaya str., Sevastopol, Russian Federation, 299053, e-mail: kremen.deryugin@yandex.ua

² Sevastopol State University, 33 Universitetskaya str., Sevastopol, Russian Federation, 299053, e-mail: YOStrelyanaya@sevsu.ru

Abstract

In the article one of the modern trends used in the development of the food industry is considered: 3D printing.

The use of 3D printing in the food industry is relevant, especially recently, as evidenced by a number of start-up companies producing 3D printers of their own brands using various food substances (chocolate, sugar, cocoa powder, pasta, minced meat from animal raw materials, vegetable hydrogels, sauce, cream), in addition, the philosophy and conceptual ideas of companies have some features of market positioning.

The authors analyzed the strengths and weaknesses, opportunities and threats of the new technology (SWOT analysis), showed the prospects and risks of introducing 3D printing technology of food products at domestic food industry and catering enterprises.

Keywords: 3D printing of food products, food industry, food problem, innovative development

Введение

В последние годы в мировой практике наблюдается тенденция увеличения доли высокотехнологичных и наукоемких производств, что, несомненно, связано с научно-техническим прогрессом (НТП).

НТП направлен на улучшение качества жизни и повышение эффективности производства во всех секторах экономики [1]. Примерами этого процесса являются производство инновационной пищевой

продукции на основе генно-инженерно-модифицированных организмов, включая продукцию синтетической биологии, выращивание мясных продуктов *in vitro* (в пробирке), персонифицированное питание на основе нутригеномики, учитывающей генетические особенности индивида, пищевые нанотехнологии, технологии молекулярной кухни.

Сегодня к этому необходимо добавить и пищевые технологии 3D-печати, которые используются в концептуальных,

экспериментальных, предпусковых (предпродажных) и имеющихся в продаже моделях 3D-принтеров для печати продуктов питания.

Конечным результатом внедрения модели 3DP в пищевой промышленности станет сам пищевой продукт, который упростит производство и доставку продукта в систему распределения, пересмотрит технологии пищевой промышленности, разработает и компьютеризует технологические процессы и, в конечном итоге, улучшит качество жизни человечества [2].

Мировой рынок пищевой 3D-печати.

Бизнесу всегда интересен новый перспективный рынок и направления, где есть точки роста. Несмотря на относительно недавнее формирование 3D-печать пищевых продуктов очень внушительный сегмент рынка, стремительный рост которого ожидается в ближайшие пять лет. У потребителей есть потребность, у бизнеса – возможность.

По прогнозам Research and Markets объем рынка 3D-печати для пищевых продуктов при среднегодовом темпе роста 16,1% к 2023 году достигнет 525,6 млн. долларов. В 2025 — до 1 млрд долларов. Но это далеко от возможностей более крупного сектора пищевых технологий. Мировая индустрия пищевых продуктов, как ожидается, достигнет 250 миллиардов долларов к концу 2022 году [3].

Географическая сегментация рынка 3D-пищи. С географической точки зрения, мировой рынок трёхмерных технологий пищевого производства можно разделить на несколько крупных регионов:

- ✚ Северная Америка;
- ✚ Латинская Америка;
- ✚ Азиатско-Тихоокеанский регион и Япония;
- ✚ Ближний Восток;
- ✚ Западная и Восточная Европа;
- ✚ Африка.

По оценкам аналитиков, нынешний лидер рынка – Европа, хотя пищевая 3D-печать семимильными шагами развивается и во многих других странах. Испанская компания Natural Machines активно пытается представить трёхмерные технологии, адаптированные к местным кулинарным традициям. Энергично работает в этой сфере и американский food-бизнес.

Ключевые игроки рынка пищевой 3D-печати. Множество компаний по всему миру активно внедряют новый способ производства съедобных продуктов и полуфабрикатов.

Среди ключевых игроков новой пищевой индустрии:

- 1) 3D Systems (США)- Производство 3D принтеров.
- 2) Barilla(Италия) - Пищевая промышленность.
- 3) ChocEdge (Индия) - Производство кондитерских 3Dпринтеров.
- 4) Fab@Home (Германия) - 3D принтеры для «самодельной» сборки.
- 5) Hershey's (США) – Кондитерские изделия.
- 6) ModernMeadow (США) – Технологии производства искусственной кожи, в перспективе- искусственных мясных изделий.
- 7) NASA (США) – Исследования космоса.
- 8) NaturalMachines (США) – Производство пищевых 3D принтеров.
- 9) Nestle (Швейцария) – Продукты питания.
- 10) Philips (Нидерланды) – Потребительская и коммерческая бытовая техника.
- 11) TNO (Голландский институт прикладных научных исследований) –Государственная научная организация, занимающаяся внедрением в производство наукоемких технологий [4].

Потенциальные потребители. Рынок трёхмерного изготовления пищевых продуктов следует разделять в зависимости от географического положения и соответствующей кулинарной культуры.

Другие потенциальные виды сегментации рынка – производство устройств для создания пищи в зависимости от её особых свойств.

Вариантами применения трёхмерных принтеров в кулинарии могут быть: приготовление национальных блюд с особыми вкусовыми свойствами, продуктов кейтеринга, или выполненного под заказ шоколада.

3D-печать уже используется в таких развитых и популярных отраслях кулинарии, как:

- ✚ выпечка мучных изделий;
- ✚ приготовление кофейной продукции;
- ✚ кондитерское производство.

Именно кондитерское производство рассматривается аналитиками как отрасль кулинарии, которая может значительно развиваться благодаря внедрению трёхмерной печати. Продукты наподобие шоколада или сладостей всегда популярны как среди детей, так и среди взрослых [4].

Виды и устройство 3D-принтеров. В настоящее время существует 8 основных разновидностей 3DP, с учётом модификаций и форм реализации — около 30; но, учитывая специфику пищевой промышленности, они

находят применение как в концептуальных моделях будущего, start-up проектах, так и в уже существующих предстартовых образцах и промышленных моделях — 2: FDM и SLS[5], которые имеют свою специфику с точки зрения простоты реализации, основных возможностей использования того или иного сырья, а также для коммерческого использования в настоящем и будущем.

Используемое сырье. В качестве сырья используют любой вид продукта в пастообразном или полужидком состоянии. Или продукт, который может быть превращен в правильную консистенцию для 3D-печати. Это включает в себя широкий выбор ингредиентов:

- ✚ шоколад без добавок и примесей;
- ✚ мастика;
- ✚ сахар;
- ✚ взбитый творог;
- ✚ овощные и фруктовые пасты;
- ✚ рыбные и мясные паштеты;
- ✚ мука;
- ✚ сыр и т.д.

Технологический цикл производства изделия. Технология 3D-печати продуктов питания работает аналогично обычному FDM 3D-принтеру и представляет собой хорошо спланированный и подготовленный процесс, преобразования виртуальных моделей в физические объекты, состоящий из следующих этапов (рис. 1):

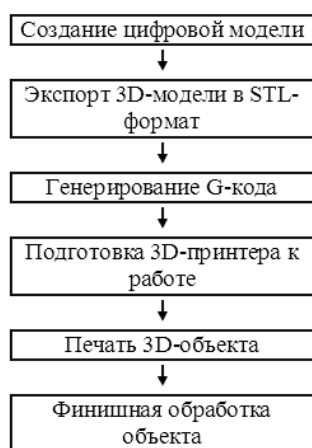


Рис. 1 – Этапы 3D печати

Нижее раскроем содержание этапов 3D-печати на примере самой распространённой технологии FDM (FusedDepositionModeling), которая предполагает формирование объектов методом послойной укладки материала.

Этап 1: Создание цифровой модели. Процесс 3D-печати начинается с разработки

виртуального образа будущего объекта в 3D-редакторе или CAD-программе («3D StudioMax», «AutoCAD», «Компас», «SolidWorks» и др.) (рис. 2).

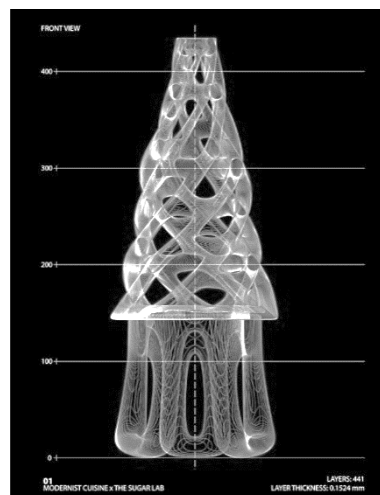


Рис. 2 – Цифровая модель

В отдельных случаях для создания виртуальных образов будущих объектов используются 3D-сканеры. При этом точность объектов снижается, они получаются слегка размытыми. Чтобы получить высокоточный объект, следует создавать его вручную.

Также готовые виртуальные модели можно найти в Интернете, на специализированных сайтах, посвящённых 3D-печати.

Этап 2: Экспорт 3D-модели в STL-формат. Когда моделирование окончено, следует перевести полученный файл в STL-формат, который распознаёт большинство современных 3D-принтеров. Для этого нужно выбрать в меню пункт «Сохранить как» или «Import/Export», в зависимости от используемой программы.

Перед экспортом файла следует указать степень детализации модели или степень её разбиения на треугольники.

Если выбрать параметр «Точно», то разбиение получится плотным, готовый файл займёт довольно много места на жёстком диске компьютера и будет дольше обрабатываться специальным программным обеспечением, но зато на выходе пользователь получит объект с высококачественной поверхностью.

Если выбрать параметр «Грубо», то разбиение получится менее плотным или совсем неплотным, готовый файл займёт на жёстком диске меньше места и будет быстрее обрабатываться в специальной программе, но

и качество внешних поверхностей будет значительно ниже, чем при точном разбиении.

При выборе способа разбиения объекта необходимо учитывать требования к качеству его внешней поверхности, а также мощность персонального компьютера и его способность справиться с обработкой модели перед отправкой на печать.

Этап 3: Генерирование G-кода. STL-файл с будущим объектом обрабатывается специальной программой-слайсером, которая переводит его в управляющий G-код для 3D-принтера (рис. 3). Если модель не подвергнуть слайсингу, то 3D-принтер не распознает её. Среди наиболее популярных слайсинговых программ можно отметить Kisslicer, Skineforge, Slic3r и др.

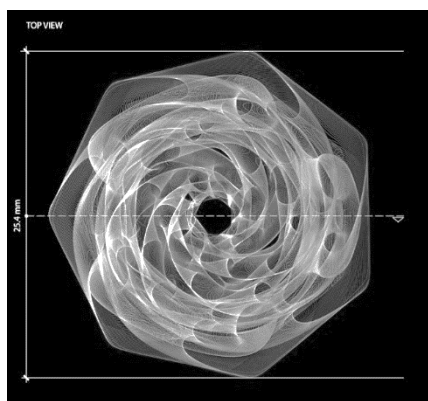


Рис. 3 – G-код 3D модели

Программы-слайсеры разрезают модель на тонкие горизонтальные пластины и преобразуют в цифровой G-код, понятный трёхмерному принтеру. Программа-слайсер как бы задаёт траекторию движения печатающей головки 3D-принтера при нанесении расходного материала.

Этап 4: Подготовка 3D-принтера к работе. На этапе подготовки 3D-принтера с технологией FDM-печати к работе следует наклеить на рабочую платформу специальную самоклеящуюся плёнку, лист бумаги или пищевую пленку.

Затем калибруем стол принтера в плоскости XY и задаем настройки охлаждения, обдува и нагрева модели и бункера со шприцем в меню (рис. 4).

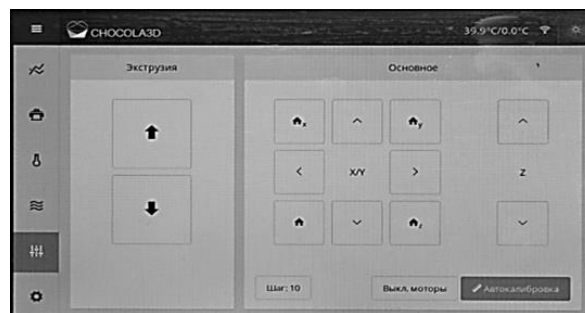


Рис. 4 – Окно настройки

Этап 5: Печать 3D-объекта. Важнейшими элементами 3D-принтера являются рабочая платформа и печатающая головка. На рабочей платформе происходит формирование готового объекта. Во время работы платформа движется вверх и вниз по оси Z. Печатающая головка выдавливает на рабочую платформу расплавленную полимерную нить, слой за слоем формируя готовый объект. Печатающая головка 3D-принтера движется по горизонтали и вертикали (оси X, Y) (рис. 5).

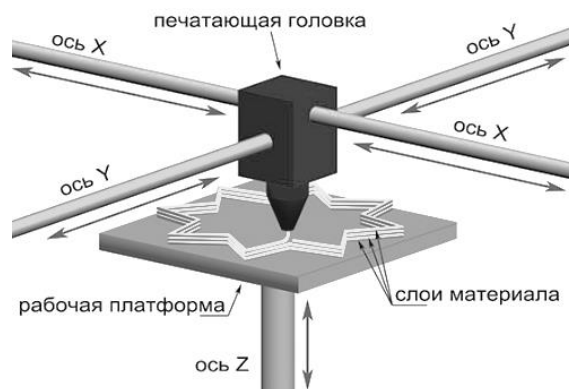


Рис. 5 – Печать 3D-объекта

Сам по себе процесс трёхмерной печати довольно прост. Печатающая головка выдавливает в рабочую зону первый слой материала, после чего платформа опускается вниз на толщину слоя и начинается формирование следующего слоя, который накладывается поверх предыдущего. После завершения печати каждого слоя платформа опускается вниз, так происходит на протяжении всего цикла печати, пока на платформе не появится готовый объект. Чтобы напечатать трёхмерную модель, принтеру требуется несколько часов, в зависимости от сложности изделия (рис. 6).



Рис. 6 – Готовый 3D-объект

Безусловно, у разных моделей 3D-принтеров есть свои особенности функционирования, но базовые принципы остаются неизменными.

Этап 6: Финишная обработка объекта.

Если объект имеет нависающие элементы, выступы, консоли, то 3D-принтер во время печати использует поддерживающие конструкции (они же – конструкции поддержки, структуры поддержки) (рис. 7).

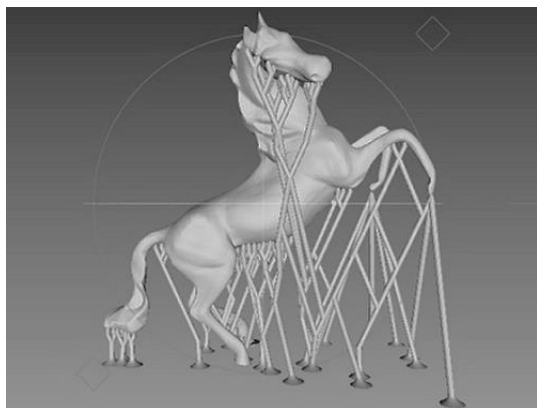


Рис. 7 – Поддерживающие конструкции

За счёт добавленных конструкций детали не висят в воздухе, а опираются на рабочую платформу, что позволяет принтеру их напечатать.

После окончания печати, поддерживающие конструкции удаляются [6].

SWOT-матрица. В исследовании использовался метод SWOT-анализа для изучения отличительных характеристик пищевых продуктов с 3D-печатью, сгруппированных в четыре блока: сильные и слабые стороны, возможности и угрозы.

Возможности:

- ✓ Частичная замена традиционных пищевых технологий (на длительный срок);
- ✓ Снижение затрат до уровня традиционных продуктов питания (на долгосрочную перспективу);
- ✓ Расширение ассортимента за счет функциональных и специализированных товаров.

Угрозы:

- ✓ Неясный статус безопасности пищевых продуктов;
- ✓ Зависимость от зарубежных поставщиков 3D-принтеров, запчастей к ним, сырья и расходных материалов;
- ✓ Сокращение количества рабочих мест в сфере общественного питания и пищевой промышленности.

Сильные стороны:

- ✓ Оптимальное соотношение цены и качества;
- ✓ Долгое пребывание на рынке;
- ✓ Инновационный подход;
- ✓ Позиционирование в премиальном сегменте;
- ✓ Обеспечивается удовлетворённость эстетических потребностей клиентов;
- ✓ Уникальность и персонификация приготовленных продуктов;
- ✓ Уменьшенные затраты расходных материалов;
- ✓ Экологически чистые методы печати.

Слабые стороны:

- ✓ Высокая стоимость;
- ✓ Ограниченное количество используемого сырья и материалов;
- ✓ Потребность в дополнительных знаниях о сложном программном обеспечении;
- ✓ Долгое время приготовления сложных блюд;
- ✓ Ограничение в размерах блюда.

Заключение

Участие крупных пищевых концернов на этапе исследований и разработок, а также реальное продвижение и внедрение данной технологии в собственное производство определяет конкурентные преимущества других участников рынка, что в свою очередь будет способствовать развитию этого научного направления.

Будущее пищевой 3D-печати выглядит оптимистичным, в ее развитие за рубежом

вкладываются большие ресурсы, в России же, имеет место значительное отставание промышленного использования 3D-печати от развитых стран.

Так на долю США приходится более трети используемого аддитивного оборудования, следом идут Япония, Германия и Китай, Великобритания. Россия занимает всего лишь 1,5 процента.

Интернет-анализ показывает, что в России пищевая печать используется, в основном, для декорирования кондитерских изделий по заказу, при этом оборудование и расходные материалы, в основном, поставляется из Китая. Массовое же внедрение аддитивных технологий в России как альтернативного

способа приготовления пищи находится пока под большим вопросом, поскольку это требует значительных финансовых вложений, сдерживается традициями и менталитетом российского народа.

Следует отметить, что в Московском государственном университете пищевых производств (МГУПП) уже создан пищевой 3D-принтер, печатающий кондитерские изделия.

Ведется разработка первого отечественного принтера, который позволит пользователю придерживаться сбалансированного функционального питания, например, лечебного, спортивного, детского питания

Список литературы

1. Колмыкова, О.Н. Научно-технический прогресс как фактор повышения уровня жизни населения/ О.Н. Колмыкова, Т.В. Кудрявцева // Социально-экономические явления и процессы. – 2011. – № 5–6. – С. 127–129.
2. Алешков А. В. Синтетическая биология – вершина биотехнологий // Потребительский рынок XXI века: стратегии, технологии, инновации: материалы Международ. науч.-практич. конференции. 30 октября 2015 года / под общ. ред. канд. экон. наук В. А. Синюкова. – Хабаровск: РИЦ ХГУЭП, 2015. С. 372–376.
3. Еда из 3D-принтера: перспективы стремительно развивающегося рынка// <https://3d-m.ru/eda-iz-3d-printera/>
4. Джереми Рифкин. Третья промышленная революция / Джереми Рифкин – Изд. Альпина нон-фикшн, 2017, 410 с.
5. Моделирование методом послойного наплавления // https://3dtoday.ru/wiki/FDM_print/
6. Rayna T., Striukova L., Darlington J. Co-Creation And User Innovation: The Role Of Online 3D Printing Platforms // Journal of Engineering and Technology Management Volume 37, July–September 2015, Pages 90–102. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2015.07.002>. 124 Вестник Хабаровского государственного университета экономики и права. 2019. № 2 (100)

References

1. Kolmykova, O.N. Scientific and technological progress as a factor in improving the standard of living of the population/ O.N. Kolmykova, T.V. Kudryavtseva // Socio-economic phenomena and processes. - 2011. - № 5-6. - pp. 127-129.
2. Aleshkov A.V. Synthetic biology - the pinnacle of biotechnology // Consumer market of the XXI century: strategies, technologies, innovations: materials of the International scientific and practical conferences. October 30, 2015 / under the general editorship of Candidate of Economic Sciences V. A. Sinyukov. - Khabarovsk: RIC KHGUEP, 2015. pp. 372-376.
3. Food from a 3D printer: prospects of a rapidly developing market// <https://3d-m.ru/eda-iz-3d-printera/>
4. Jeremy Rifkin. Third industrial revolution / Jeremy Rifkin –Alpina non-fiction, 2017, 410 p.
5. Modeling by layer-by-layer deposition // https://3dtoday.ru/wiki/FDM_print/
6. Rayna T., Striukova L., Darlington J. Co-Creation And User Innovation: The Role Of Online 3D Printing Platforms // Journal of Engineering and Technology Management Volume 37, July–September 2015, Pages 90–102. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2015.07.002> . 124 Bulletin of the Khabarovsk State University of Economics and Law. 2019. № 2 (100)

РАЗДЕЛ 8. ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

УДК 550.8+69.07+004.94

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ВЗГЛЯД НА МЕТОДЫ СТРОИТЕЛЬСТВА МОРСКИХ ПОРТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ НА СЛАБЫХ ГРУНТАХ

А. В. Гараджа¹, Е. А. Емченко²

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
г. Севастополь, Российская Федерация, 299053, ул. Университетская, 33, senya.garaja@yandex.ru
²к.т.н., доцент, доцент ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
г. Севастополь, Российская Федерация, 299053, ул. Университетская, 33, ellis05@mail.ru

Аннотация

Возведение инженерных сооружений на слабых глинистых водонасыщенных грунтах является весьма сложной проблемой портового гидротехнического строительства. Малая несущая способность грунтов, большие величины осадок, значительные сроки их стабилизации – главные причины трудностей, возникающих при решении этой проблемы. В таких условиях традиционные методы строительства часто оказываются неэкономичными. Использование научных достижений в области расчета, компьютерного моделирования и проектирования позволит снизить стоимость строительства и обеспечить нормальные условия длительной эксплуатации. При строительстве портовых сооружений на слабых глинистых грунтах в основном используют те же конструкции, которые применяют в обычных инженерно-геологических условиях. Однако обычная конструкция при использовании на слабых грунтах претерпевает изменения в результате приспособления ее к конкретным условиям работы. Следует отметить, что ввиду малой несущей способности и значительной деформируемости слабые глинистые грунты в качестве естественных оснований используют сравнительно редко. В связи с этим надежная работа сооружения и слабого основания должна обеспечиваться мероприятиями по усилению конструкции или упрочению основания. В последнем случае должны быть выполнены специальные работы по подготовке слабого основания для возведения на нем портового сооружения, включающие, например, замену слабого грунта, его предварительное уплотнение, устройство «плавающего» основания и т. д. В статье приведены мероприятия, которые в значительной степени влияют на конструкцию сооружения, возводимого в условиях залегания слабых грунтов. Ключевые слова: слабые грунты, свайный фундамент, гидротехнические сооружения, насыпь, водонасыщенные грунты, причал, несущий пласт.

ANALYTICAL VIEW ON THE METHODS OF CONSTRUCTION OF SEA PORT FACILITIES ON WEAK SOILS

A. V. Garaja¹, E. A. Emchenko²

¹ student Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st., Sevastopol, Russian Federation
299053, senya.garaja@yandex.ru
² cand. sc. tech, associate professor, Sevastopol State University, 33 Universitetskaya st., Sevastopol,
Russian Federation 299053, ellis05@mail.ru

Abstract

The construction of engineering structures on weak clay water-saturated soils is a very difficult problem of port hydraulic engineering construction. The low load-bearing capacity of soils, large sediments, and significant periods of their stabilization are the main reasons for the difficulties encountered in solving this problem. In such conditions, traditional construction methods often turn out to be uneconomical. The use of scientific achievements in the field of calculation, computer modeling and design will reduce the cost of construction and ensure normal conditions for long-term operation. During the construction of port facilities on weak clay soils, the same structures are mainly used that are used in normal engineering and geological conditions. However, the usual design when used on weak soils undergoes changes as a result of adapting it to specific working conditions. It should be noted that due to the low load-bearing capacity and significant deformability, weak clay soils are used comparatively rarely as natural bases. In this regard, the reliable operation of the structure and the weak foundation should be ensured by measures to strengthen the structure or strengthen the foundation. In the latter case, special work must be carried out to prepare a weak foundation for the construction of a port facility on it, including, for example, the replacement of weak soil, its

preliminary compaction, the device of a "floating" foundation, etc. The article presents measures that significantly affect the design of a structure erected in conditions of occurrence of weak soils.

Keywords: weak soils, pile foundation, hydraulic structures, embankment, water-saturated soils, berth, bearing layer

1. Введение

Текущей редакцией паспорта федерального проекта «Развитие морских портов» (далее — Федеральный проект) предусмотрен целевой показатель по приросту производственных мощностей морских портов не менее чем на 246 млн т в период 2020–2024 гг. и еще дополнительно на 108 млн т к 2030 г. Мероприятия Федерального проекта сформированы таким образом, чтобы обеспечить решение ранее поставленных президентом и правительством РФ задач по развитию транзитного потенциала страны, переориентации российских внешнеторговых грузов из портов сопредельных государств, повышению экспорта углеводородного сырья и продукции АПК.

Рост грузооборота подталкивает выход морских портовых сооружений на увеличение объема принимаемых грузов, соответственно прием судов с увеличенной осадкой, за чем следует выход на более высокие глубины и строительство на слабо пригодных для возведения причалов морских (слабых) грунтах.

Цель и постановка проблемы

При развитии оборотов морского транспорта, так же, сопутствующе ему, идет строительство морских портовых сооружений

по приему, перевалке грузов, элеваторных причалов, причалов с крановой перегрузочной техникой и механизмами.

Цель моей работы выделить классификацию методов строительства гидротехнических сооружений в условиях залегания слабых грунтов.

Изложение основного материала.

К слабым грунтам относятся: связные грунты, имеющие прочность на сдвиг в условиях природного залегания менее 0,075 Мпа (при испытании прибором вращательного среза) или модуль осадки при нагрузке 0,25 Мпа более 60 мм/м (модуль деформации ниже 5 Мпа). При отсутствии данных испытаний, к слабым грунтам можно отнести: торф и заторфованные грунты, илы, сапропели, глинистые грунты с коэффициентом консистенции 0,5, иольдиевые глины, грунты мокрых солончаков [1, 2].

В таблице 1 представлена классификация методов возведения оснований морских гидротехнических сооружений на слабых глинистых грунтах. Как видно, все сооружения можно условно разделить на две большие группы: сооружения, у которых нагрузка воспринимается плотным подстилающим и слабым или уплотненным (закрепленным) грунтом.

Таблица 1. Классификация методов возведения оснований морских гидротехнических сооружений на слабых глинистых грунтах

Группа сооружений	Определяющий фактор подгруппы	Инженерные мероприятия	Степень производственного освоения
1	2	3	4
Передача нагрузки на плотный естественный грунт	Прорезывание толщи слабого грунта фундаментом с опиранием его на плотный грунт	Устройство: свайных фундаментов; опор глубокого заложения; гравитационных фундаментов кессонного типа па оболочках большого диаметра, опускных колодцев и т. п.	Один из основных методов при строительстве на слабых грунтах
	Полная замена слабого грунта качественным	Экспкавация слабого грунта с последующей отсышкой качественного грунта; отжатие слабого грунта: весом насыпи; с помощью взрывов; намыв насыпи без предварительного удаления слабого грунта	Освоен очень хорошо; имеются примеры производственного использования

Передача нагрузки на слабый естественный или уплотненный (закрепленный) грунт	Использование несущей способности слабого грунта в естественном состоянии	Устройство: «плавающих» песчаных подушек в виде насыпей, укладываемых на естественную поверхность слабого грунта или в полувыемку в ней;	Основной метод при строительстве на слабых грунтах
		фундаментов на винтовых сваях, на сваях с местным утолщением	Имеются примеры производственного использования
	Предпостроечное уплотнение слабого грунта	Устройство: временных земляных окружающих насыпей; вертикальных песчаных дрен; песчаных свай	Используются часто; в отечественной практике имеются примеры производственного использования, в зарубежной практике получили широкое распространение
		Обработка слабого глинистого грунта постоянным электрическим током с целью; электроосмотического обезвоживания; электрохимического закрепления (при введении в грунт химических веществ)	Имеются примеры опытного использования в натурных условиях

В сооружениях первой группы большой объем занимают свайные конструкции. Однако не во всех случаях с помощью свайных сооружений можно решить проблемы, возникающие при строительстве на слабых грунтах. При значительных площадях застройки и больших толщах слабого грунта свайные фундаменты часто оказываются неэкономичными. При строительстве промышленных зданий (цехи, склады и т. и.) возведение свайных фундаментов под колонны не исключает деформации пола.

Сооружения второй группы предполагают активное использование слабого грунта в работе основания и осуществляется на практике в двух вариантах:

- без предварительного уплотнения слабого основания. В этом случае деформации основания происходят как в строительный, так и в эксплуатационный периоды;
- с предварительным уплотнением или укреплением слабого грунта, что позволяет деформации основания реализовать до возведения надфундаментной части сооружения.

Задача заключается в правильном выборе типа сооружения, наиболее полно соответствующего конкретным инженерно-геологическим условиям, и назначении комплекса инженерных мероприятий, эффективно обеспечивающих надежную работу этого сооружения.

Примерный круг вопросов, который необходимо решить при проектировании оснований на слабых грунтах, следующий:

- установить расчетные значения физико-механических характеристик грунтов; выбрать несущий пласт, на который можно передать нагрузку;
- наметить несколько вариантов конструкций, наиболее приемлемых для данных инженерно-геологических условий;
- рассчитать общую устойчивость сооружения и определить осадки (конечные и нестабилизированные) для строительного и эксплуатационного периодов;
- наметить инженерные мероприятия по подготовке слабого основания в соответствии с выбранным типом конструкции;
- разработать указания по производству работ, обеспечивающие осуществление инженерных мероприятий по подготовке основания и строительству сооружения;
- при необходимости разработать указания по режиму эксплуатации сооружения, особенно в первые годы его работы.

Оптимальное решение находится в результате технико-экономического сравнения нескольких вариантов строительства сооружения.

Выводы. Таким образом, при строительстве прибрежных портовых сооружений нужно учитывать множество факторов, начиная от оценки качества грунтов и заканчивая конструктивными особенностями сооружений.

Список литературы

1. СП 47.13330. 2016 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456045544>
2. СП 11-104-97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Режим доступа: https://ceiis.mos.ru/deyatelnost/geo/g-sp_11-104-97.pdf
3. Виноградов Е.Б. Современная геология [текст]: научное издание /Е.Б. Виноградов – Екатеринбург : Изд. – во ЕПД, 2007. 81 с.
4. Хаин В.Е. Геология [текст]: учебник для высших учебных заведений/ В.Е. Хаин/ – Москва: Изд-во Московского государственного университета, 2016. – 447 с.
5. Entory J. С точки зрения науки. В недрах земли [текст]: научное издание /J. Entory. – Москва: ИГ «Весь», 2017. – 345с.
6. Шафир И.Н. Причины повреждения портовых оградительных сооружений [текст] / И.Н. Шафир. М.: «Мор. Порт», 2012. – 360 с.
7. Исаев, В.Ю. Моделирование в геологии [электронный ресурс] / В.Ю. Исаев – Режим доступа http://www.drtisogeology.ru/materials/Book2/ch_09_model/_model423/index.

References

1. SP 47.13330. 2016 Engineering surveys for construction. Basic provisions. Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/456045544>
2. SP 11-104-97. Engineering and geodetic surveys for construction. Access mode: https://ceiis.mos.ru/deyatelnost/geo/g-sp_11-104-97.pdf
3. Vinogradov E. B. Sovremennaya geologiya [Text]: nauchnoe izdanie /E. B. Vinogradov. –Yekaterinburg: Ed. – vo EPD, 2007. –81 p.
4. Hain V. E. Geologiya [Text]: textbook for higher educational institutions/ V. E. Hain/ - Moscow: Moscow State University Publishing House, 2016. - 447 p.
5. Entory J. From the point of view of science. In the bowels of the Earth [text]: scientific edition / J. Entory. - Moscow: IG "All", 2017 – 345 p.
6. Shafir I. N. Reasons for damage to port protective structures [text] / I. N. Shafir. – M.: "Mor. Port", 2012. – 360 p.
7. Yu. Modeling in geology [electronic resource] / V. Yu. Isaev-Access mode: http://www.drtisogeology.ru/materials/Book2/ch_09_model/_model423/index .

Научное издание

Современные технологии: проблемы и перспективы

Сборник статей
Всероссийской научно-практической конференции
для аспирантов, студентов и молодых ученых
19 - 22 апреля 2022 года

Главный редактор: канд. техн. наук, PhD, доц. О.В. Мухина

Изд. № 137/2022. Объем 15,75 п.л. Усл. печ. л. 14,648. Уч.-изд. л. 15,435.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»