

**ДЕПАРТАМЕНТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ
ГУАНСИ-ЧЖУАНСКОГО АВТОНОМНОГО РАЙОНА
КИТАЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
КОМИТЕТ УПРАВЛЕНИЯ НОВЫМ ЭКОЛОГИЧЕСКИМ
РАЙОНОМ ЛЮЧЖОУ
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ
ФГБОУ ВО «РОССИЙСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА»
ФГБОУ ВО «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»**

**«КИТАЙСКО-РОССИЙСКИЙ КОНКУРС
ИННОВАЦИЙ И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА-2020,
ЮГО-ЗАПАДНЫЙ РЕГИОН»**

2020 中俄创新创业大赛（西南片区）参赛项目论文集

Материалы конференции-конкурса

15 ноября - 5 декабря 2020 года

**г. Воронеж
2021**

УДК 681.5 : 66 : 544 : 504 658.5 : 547 : 606

ББК Ч4а8я4

Редакционная коллегия:

С.Г. Тихомиров д-р техн. наук, проф. проф. (науч. редактор);

О.В. Карманова д-р техн. наук, проф. (зам. науч. редактора);

В.В. Челноков д-р техн. наук, проф.;

М.В. Конотопов, д.экон., проф.;

П.Н. Саввин канд. техн. наук (отв. секретарь)

Китайско-российский конкурс инноваций и предпринимательства [Текст]: сборник материалов конференции-конкурса / под ред. С.Г. Тихомирова; Воронеж. гос. ун-т инж. техн. – Воронеж: ВГУИТ, 2021. – 130 с.

ISBN 978-5-00032-516-2

В сборнике представлены доклады по актуальным проблемам химической технологии, биотехнологии, моделирования технологических процессов, кибернетики, обсуждаются подходы к контролю качества и принципам создания инновационных материалов для различных отраслей промышленности.

Статьи представлены в авторской редакции.

К 2802000000
OK2 (03) – 2021

Без объявл.

УДК 681.5 : 66 : 544 : 504 : 658.5 :
547 : 606

ISBN 978-5-00032-516-2

© ФГБОУ ВО Воронеж. гос. ун-т
инж. технол., 2021

Оригинал-макет данного издания является собственностью Воронежского государственного университета инженерных технологий, его воспроизведение (воспроизведение) любым способом без согласия университета запрещается.

大赛组织机构

主办单位:

广西壮族自治区科学技术厅

承办单位:

柳州市北部生态新区管理委员会

俄罗斯工程院中国产业技术研究院

柳州新丝路技术转移研究院有限公司

协办单位:

柳州市科技局

上海政法学院语言文化学院

华中科技大学化学与化工学院

青岛机器人产业协会

支持单位:

广西自治区对外友好协会

大赛专家委员会

1. 中国评委会主任

宁远 原国务院南水北调建设委员会办公室副主任，原水利部水利水电规划设计总院院长，教授级高级工程师

2. 俄罗斯评委会主任

米哈伊尔·科诺托波夫 俄罗斯工程院副主席、院士，俄罗斯联邦高等专业教育荣誉工作者，俄罗斯联邦荣誉科技工作者

3. 评委会委员

张红武 国务院参事室参事，水沙科学教育部重点实验室副主任

李庆党 泰山学者海外特聘专家，青岛科技大学中德经济工程研究所所长，青岛机器人产业协会会长

周兴平 华中科技大学教授、博士生导师，国家自然科学二等奖获得者

赵人玺 船舶设计制造高级工程师，高级技术职务评定委员会副主任委员

陈帅 睿融（深圳）商业保理有限公司总经理，青岛市资产管理有限责任公司总经理

切尔诺科夫·维塔利 俄罗斯工程院副院长、院士，国际系统研究学院创新技术和产品系统研究组负责人，俄罗斯联邦科学技术委员会成员

梅沙尔金·瓦莱里 俄罗斯科学院院士，俄罗斯联邦荣誉科学家称号获得者，俄罗斯联邦高等学校荣誉工作者

蒂科米罗夫·谢尔盖 俄罗斯工程院通讯院士，沃罗涅日国立工程技术大学教授

沙巴奇科夫·阿廖娜 俄罗斯工程院“新技术结构”科科学秘书，俄罗斯国立大学教授，俄罗斯柯西金国立大学教授

梅尼绍娃·伊琳娜 俄罗斯门捷列夫化工大学教授，技术科学博士

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: Нин Юань - экс-заместитель директора Управления Комитета по строительству водоотводов с юга на север при Государственном совете, экс-директор Генерального института планирования и проектирования в области водных ресурсов Министерства водных ресурсов, профессор, старший инженер.

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ: Конотопов М. В. - академик Российской инженерной академии Почетный работник высшего профессионального образования РФ, Почетный научный работник РФ, доктор экономических наук, профессор.

ЧЛЕНЫ ОРГКОМИТЕТА: Челноков В.В. - академик РИА, руководитель научно-исследовательской группы по инновационным технологиям и продуктовым системам Международной академии системных исследований, профессор кафедры логистики и экономической информатики ФГБОУ ВО РХТУ, д.т.н.; **Тихомиров С.Г.** - член-корр. РИА, профессор кафедры информационных и управляющих систем ФГБОУ ВО ВГУИТ, д.т.н.; **Карманова О.В.** - заведующая кафедрой технологии органических соединений, переработки полимеров и технологической безопасности ФГБОУ ВО ВГУИТ, д.т.н.

ЭКСПЕРТЫ: Чжан Хунву - советник Канцелярии Государственного совета, заместитель директора лаборатории по наукам о воде и песке Министерства образования, экс-директор центра исследований Желтой реки университета Цинхуа; **Ли Циндан** - стипендиат Тайшань, заслуженный эксперт, декан факультета науки и технологий Университета науки и технологий Циндао, президент Ассоциации робототехнической промышленности Циндао; **Чжоу Синпин** - профессор и научный руководитель докторантуры Хуажонгского университета науки и технологий, Лауреат национальной премии второй степени в области естественных наук; **Чжао Женси** - старший инженер по проектированию и производству судов, заместитель председателя высшей технической аттестационной комиссии; **Чэнь Шуай** – генеральный директор Qingdao Asset Management Co. Ltd., генеральный директор Ruirong (Shenzhen) Commercial Factoring Co.Ltd.;

Мешалкин В.П. – академик РАН, Заслуженный деятель науки РФ, Почетный работник высшего образования РФ, лауреат Премии Президента РФ в области образования, лауреат Премии Правительства РФ в области науки и техники; **Шпачкова А В.** – секретарь секции «Новые технологические уклады РИА, к.т.н., доцент РГУ им. А.Н. Косыгина; **Меньшова И. И.** – доцент РХТУ им. Д.И. Менделеева, к.т.н.

СОДЕРЖАНИЕ

ABSTRACTS	8
Development and application of nano-ceramic membrane sewage treatment technology and integrated equipment	
Qin Yulan, Dai Jinguo, Zhang Yong, Qin Jianbin, Liu Fengqiong	25
Application of vision in fruit tree recognition of citrus spraying robot	
Pei XunYi, Lin Xiankun, Bu Qingxin, Liang Zhiyuan, Yang Xinxin, Leng Zhen	30
Разработка технологии получения суперабсорбента на основе отходов растениеводства	
Лавлинская М.С., Сорокин А.В	35
Расчетные методы оптимизации условий вулканизации пневматических шин	
Маслов А.А., Линцова Е.В., Скачков А.М.	39
Разработка технологии получения бутил-регенерата с прогнозируемыми свойствами	
Карманов А.В., Тихомиров Г.С., Зайцев С.А.	43
Разработка модели и алгоритма оптимизации современных летательных устройств	
Карпов Е.А., Соловьев А.М., Мищенко И.Б.	48
Технологические решения при рециклинге отходов ПЭТФ	
Боголепова О.В., Назарьева Н.В., Седых В.А.	52
Водонабухающие композиции на основе синтетических каучуков	
Москалев А.С., Деркачев М.С., Карманова О.В.	55
Оптимизация системы компримированы этилена на производстве ПЭВД	
Зиле Е.А	60
Универсальный многосекционный модульный инженерно-биологический поверхностный биоутилизатор для очистки водоемов	
Авдеенкова Т.С., Матасов А.В., Макарова А.С.	66
Использование биоремедиационных гибридных препаратов на основе микроэлементов и клеточных катализаторов для рекультивации, устойчивого развития растительности и восстановления плодородия почв	
Пищаева К.В., Матасов А.В.	73
Метод улучшения экономических показателей горения с помощью электромагнитных полей	
Макаренков Д.А., Челноков А.В., Михайлин С.В., Раткин И.М.	78

Аппаратно-программный комплекс для получения исходных данных на проектирование промышленных циклических адсорбционных установок	
Голубятников О.О., Акулинин Е.И., Дворецкий Д.С., Дворецкий С.И.	83
Инновационные решения в солнечной энергетике	
Давыденко А.А., Синякова И.К.	87
Исследование стадии ионного отложения при получении мажоритарных изделий из гетерополимерного изопрен-нитрильного латекса	
Гринфельд Е.А., Боголепова О.В., Седых В.А.	93
Применение регенерированных насыщенных каучуков в кровельных материалах	
Кулигина М.В., Образцов Н. К., Тихомиров С.Г.	96
Модифицированные каучуки для шинных материалов с улучшенными характеристиками	
Фирсова А.В., Лынова А.С., Глуховской В.С.	100
Визуализация динамических процессов в системах регулирования	
Бакаленко В.И., Дейнека Т.А.	103
Инновационные аспекты практического обучения студентов специальности «Автоматизация технологических процессов»	
Карпович Д.С., Кобринец В.П.	107
Математическое обеспечение процесса синтеза низкомолекулярных полимеров, получаемых дробной подачей деструктирующего агента	
Попов А.П., Образцов Н.К.	110
Разработка новых комплексных активаторов для вулканизации резин	
Голякевич А. А., Чвирикова А. А., Карманова О. В.	115
Исследование влияния режимов вулканизации на свойства шинных резин	
Габрусь А.А., Шашок Ж.С., Усс Е.П.	118
Упруго-гистерезисные свойства протекторных резин с кремнекислотными наполнителями	
Кротова О.А., Белоблоцкая Н.Г.	122
Свойства двухкомпонентных полиуретановых композиций	
Липатова Е.А., Долинская Р.М.	126

ABSTRACTS

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF NANO-CERAMIC MEMBRANE SEWAGE TREATMENT TECHNOLOGY AND INTEGRATED EQUIPMENT

***Qin Yulan, Dai Jinguo, Zhang Yong, Qin Jianbin,
Liu Fengqiong***

*Guangxi Briwater Environment investment Co, Ltd,
China*

Water pollution control is still the primary task to solve global environmental problems. In order to develop new and efficient sewage treatment technologies, Briwater has independently developed Nano Ceramic Membranes by combining the activated sludge method with membrane materials. Sewage treatment equipment. The core component of the Nano Ceramic Membrane is mainly made of inorganic ceramic materials of different specifications as a support, which is coated on the surface and fired at high temperature. It has the advantages of good chemical stability, high separation accuracy, energy saving and consumption reduction. It solves many pain points of traditional organic membranes such as easy wire breakage, easy fouling, short life and insufficient chemical stability, and realizes new breakthroughs in sewage treatment technology and materials. Based on the self-developed Nano Ceramic Membrane materials, corresponding sewage treatment technologies and products have been formed, which in turn has realized the closed loop of the entire industry chain from technical product development, production, application to management services. Technology and equipment can be widely used in municipal wastewater, industrial wastewater, high-concentration organic wastewater and dispersive wastewater treatment, medical wastewater and other fields.

APPLICATION OF VISION IN FRUIT TREE RECOGNITION OF CITRUS SPRAYING ROBOT

***Pei XunYi, Lin Xiankun, Bu Qingxin, Liang Zhiyuan,
Yang Xinxin, Leng Zhen***

*Guangxi University of Science and Technology,
China*

In order to meet the development needs of local citrus production, intelligent agricultural production robot is gradually popularized in the field of citrus production. Pesticide spraying is an important part of citrus production. Traditional citrus pesticide spraying equipment generally uses manual identification of citrus fruit trees for spraying, which has the disadvantages of low efficiency and high labor cost. In order to overcome these shortcomings, this paper applies machine vision technology to identify citrus fruit trees for spraying robot, establishes the mathematical model of identification system, and completes the identification of citrus fruit trees by combining the citrus orchard environment and the hardware system of spraying robot, so as to achieve the goal of positioning spraying of spraying robot. Through many experiments of citrus fruit tree target recognition, the results show that the fruit tree recognition system based on vision has small target recognition and positioning error, good stability, simple structure, low cost and high application value.

DEVELOPMENT OF THE PLANT-WASTE-BASED SUPERABSORBENT PRODUCTION TECHNOLOGY

Lavlinskaya M.S., Sorokin A.V.

*Voronezh State University of Engineering Technologies,
Voronezh, Russia*

The work is devoted to the development of a technology for obtaining an eco-friendly semi-synthetic superabsorbent based on plant waste for use in agriculture. The applying of plant waste containing up

to 65 % of polysaccharides as a raw material can reduce costs by 36 %. An innovative development - the use of a plasticizer in the synthesis of superabsorbent - will make it possible to create a product enriched with polysaccharides and retaining competitive consumer properties.

COMPUTATIONAL METHODS TO OPTIMIZE THE VULCANIZATION CONDITIONS OF TIRES

A.A. Maslov, E.V. Lintsova, Skachkov A. M.

*FSBEI HE "Voronezh State University of Engineering Technologies",
Voronezh, Russia*

Methods for calculating the optimal modes of the technological process of vulcanization on the example of pneumatic tires are proposed. The methods are implemented as a software and hardware complex. When synthesizing a method for optimizing vulcanization conditions on the example of pneumatic tires, the following issues were investigated: mathematical modeling of temperature fields in the products under study; development of mathematical and computer models for the distribution of temperature fields in multi-element products of complex configuration, taking into account the dependence of the thermo-physical properties of polymer compositions on temperature and composition; synthesis of a mathematical model of the kinetics of non-isothermal vulcanization based on an improved kinetic scheme and temperature fields in products of complex configuration.

The proposed approaches help to intensify the technological stages of vulcanization in rubber industries. The research results make it possible to reduce the time and costs for the product testing cycle associated with the problem of choosing the formulation composition of rubber compounds and incoming quality control of raw materials, which, as a result, will reduce the cost of production.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING BUTYL RECLAIMED RUBBER WITH PREDICTABLE PROPERTIES

Karmanov A.V.¹, Tikhomirov G.S.², Zaitsev S.A.²

¹"Voronezh State Technical University ",

*²"Voronezh State University",
Voronezh, Russia*

The work is devoted to the development of a technology for producing butyl reclaim with predictable properties. The use of recycled butyl rubber in the production of rubber products, and the return to the production cycle of used products based on it, will reduce the amount of waste and the cost of producing new rubber products. The ability to predict properties at the production stage will allow you to obtain products with the required quality indicators, depending on the purpose.

DEVELOPMENT OF AN OPTIMIZATION MODEL AND ALGORITHM OF AVIONICS OF MODERN AIRCRAFT

Karpov E.A., Solovyev A.M., Mishenko I.B.

*Voronezh State University,
Voronezh, Russia.*

The article is devoted to the development of an optimization model and algorithm of avionics of modern aircraft. The aircraft network is formalized by a distributed modular electronics (DME) model. The developed algorithm will potentially reduce the cost of building modern aircraft, as well as secure flights.

TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR PET WASTE RECYCLING

Bogolepova O.V., Nazareva N.V., Sedykh V.A.

*FSBEI HE "Voronezh State University of Engineering Technologies",
Voronezh, Russia.*

The paper considers the main problem in the processing of polyethylene terephthalate waste - the contamination of secondary raw materials. The combination of mechanical and chemical cleaning with the use of modern equipment solves this problem, allows you to introduce into the primary polymer from 25% of secondary raw materials without loss of quality. The introduction of the presented set of technological solutions for PET processing into the production line allows to reduce the consumption of utilities, management costs, reduce the amount of water used and reduce the cost of water treatment.

WATER-SWELLABLE COMPOSITES BASED ON SYNTHETIC RUBBERS

A.S. Moskalev, M.S. Derkachev, Karmanova O.V.

*FSBEI HE "Voronezh State University of Engineering Technologies",
Voronezh, Russia.*

Water-swellaable elastomeric composites (WEC) based on general-purpose rubbers have been developed with a high degree of swelling - up to 600%. WEC can be used as waterproofing materials in industrial and civil construction for the protection and waterproofing of buildings, residential buildings, underground parking lots, subways, industrial sites, etc.

Water-swellaable composites are a multicomponent system that includes a polymer base - rubber, a hydrophilic additive based on polyacrylamide, fillers, softeners, and targeted additives.

The technology of mixing the compositions has been developed, which ensures uniform distribution of polyacrylamide in the polymer matrix.

Various variants of vulcanization modes have been proposed and experimentally tested, which makes it possible to obtain molded and non-molded WECs with different operational properties, depending on the task at hand.

OPTIMIZATION OF ETHYLENE COMPRESSION SYSTEM IN LDPE PRODUCTION

Zile E.A.

*FSBEI HE "D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia",
Moscow, Russia*

The relevance of the work lies in the fact that polymer consumption shows stability, while the production technology remains the same. In order to reduce the price of products and production losses, it is necessary to study the technology, identify its “bottlenecks” and carry out optimization with the replacement of equipment to obtain the best indicators of energy and resource efficiency. The object of research is polymer production technology. The subject of the research is the indicators of the energy resource efficiency of the enterprise.

Replacement of reciprocating compressors with a new type of liquid ring compressors is proposed. Such a compressor requires a water connection, a sewer drain and valves at the inlet and outlet of the compressor. From instrumentation required: manometers, thermometers, flow meters. A separator is used to separate the gas mixture and liquid.

When calculating the material balances of LDPE production with installed reciprocating and liquid ring compressors, it was calculated that ethylene losses decreased by 14% (1016.8 kg / h to 868.17 kg / h), which indicates the advisability of replacing reciprocating compressors with new ones.

When calculating the break-even point of the project for the introduction of new compressors with a liquid ring, it was found that the

costs are recouped in 5 months of operation of the enterprise with a production volume of 35.11 thousand tons per month.

SURFACE BIO RECYCLING UNIT FOR WATER CLEANING

Avdeenkova T.S., Matasov A.V., Makarova A.S.

*FSBEI HE "D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia",
Moscow, Russia*

Floating plant engineering structures are effective and sustainable structures for wastewater treatment, including agricultural, storm, industrial wastewater, etc. The structure is designed as follows: an aquatic plant with a filler in the form of coconut fiber (or its analog) is placed in hydroponic pots. The coconut fiber must be lifted at the bottom of the hydroponic pot to prevent contact with the roots in order to maintain the integrity of the entire plant later.

It was found that the depth of the reservoir, seasonality and temperature, plant species, planting method and aeration affect the value of the cleaning efficiency of a bioengineering structure. In microorganisms during the study, when using aeration, the removal of nitrates and nitrites was increased from 2% to 34%. It has been found that open roots absorb pollutants to a greater extent than a closed root system. It is noted that the seasonality, the depth of the reservoir, the method of planting and aeration have an impact on the development of plants and, accordingly, on the cleaning efficiency.

**THE USE OF BIOREMEDIATION HYBRID PREPARATIONS
BASED ON MICROELEMENTS AND CELLULAR
CATALYSTS FOR RECULTIVATION, SUSTAINABLE
DEVELOPMENT OF VEGETATION AND RESTORATION OF
SOIL FERTILITY**

Pishchaeva K.V., Matasov A.V.

*Mendeleev University of Chemical Technology of Russia,
Moscow, Russia*

The active development of large cities and industry increases the volume of waste, which leads to pollution and wasteful use of land resources. This problem poses a serious threat to human health and has a detrimental effect on various ecosystems.

One of the stages in solving the problem is the reclamation of contaminated lands. To clean the upper layers of contaminated soils, phytoremediation technology is used, that is, the restoration of the environment with the help of plants.

During field tests on 13 types of indicators of soil elements, including pollutants and mobile nutrients (chlorides, Cu, Zn, Ni, Cd, oil products, benzopyrene, Ka, etc.), it was possible to achieve significant reduction in the level of pollution and balancing of concentrations in the soil in one growing season.

This preparation has shown good efficiency when using chemical reagents for winter road maintenance. "Pochvovit" allows to reduce the amount of organo-mineral fertilizers introduced into the soil by 65-75% due to the more complete assimilation of elements contained in the soil by plants. The difference between the PREPARATION and other analogs is that it solves the problem of active formation of the plant-microbial symbiotic system.

IMPROVEMENT OF ECONOMIC INDICATORS OF COMBUSTION BY MEANS OF ELECTROMAGNETIC FIELDS

Makarenkov D. A., Chelnokov A. V., Mikhaylin S. V. and Ratkin I. M.

*Federal State Unitary Enterprise IREA SIC "Kurchatov Institute",
D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia
Moscow, Russia*

A method for improving the efficiency of fuel combustion based on the activation of components by the exciting action of an electromagnetic field is presented. The method is aimed at increasing the flame stability and reducing the toxicity of emissions. The mechanisms of chemical kinetics and physicochemical processes occurring in the flame of activated components are considered. The effects of the e/m field on the fuel, oxidizer, and flame torch are revealed. The justification of the simulation model and the scheme of the laboratory stand are presented.

HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX TO GET THE SOURCE DATA FOR THE DESIGN OF INDUSTRIAL PRESSURE SWING ADSORPTION UNITS

Golubyatnikov O. O., Akulinin E. I., Dvoretzky D. S., Dvoretzky S. I.

*Tambov State Technical University,
Tambov, Russia*

A problem-oriented hardware and software complex for the study of pressure swing adsorption processes for separation and purification of multicomponent gas mixtures by physical and mathematical modeling, optimization and optimal design systems under cyclical pressure (in conditions of partial uncertainty of the data) developed. Also complex destined to preparation of initial data for the design of industrial adsorption separation units.

Features of the complex: optimal planning of physical and computational experiments; flexibility; special mathematical and algorithmic support for identifying model parameters (kinetics and dynamics) from experimental data, mathematical modeling of the pressure swing adsorption separation process, the information support system in the analysis, optimization and design (in conditions of partial uncertainty of the original data) adsorption processes and systems (with the cost and the degree of extraction of the product, specified purity). Consideration is also given to the following factors: unit capacity, granulated adsorbent resource to provide reduce preparation time and improve the quality of initial data for the design of industrial pressure swing adsorption units for the purification and separation of multicomponent gas mixtures.

INNOVATIVE SOLUTIONS IN SOLAR ENERGY

Davydenko A.A., Sinyakova I.K.

*National University of Science and Technology "MISiS",
Moscow, Russia*

Solar energy can be converted into electricity and useful heat using hybrid systems, which allow using the minimum area to get the best result. One of the main objectives in designing solar power is the choice of optimum parameters for an economically reasonable generate electricity. It is necessary to take into account both the nature of changes in solar radiation on the territory under consideration throughout the year, and the influence of atmospheric phenomena.

INVESTIGATION OF THE STAGE OF ION DEPOSITION IN THE PRODUCTION OF DIPPED ARTICLES FROM HETEROPOLYMER ISOPRENE-NITRILE LATEX

Grinfeld E. A.¹, Bogolepova O. V.^{1,2}, Sedykh V. A.²

¹Voronezh branch of FSUE "NIISK" them. S.V. Lebedev,

*²FSBEI HE "Voronezh State University of Engineering Technologies",
Voronezh, Russia.*

The stage of ionic deposition in the production of dipped articles from heteropolymer isoprene-nitrile latex was investigated. The influence of the latex concentration on the elasticity of the raw gel and the thickness of the dried film is considered. Dependences have been established that directly affect the film formation process. Recommendations for the manufacture of articles from the studied latex are given.

APPLICATION OF RECLAIMED RUBBERS IN ROOFING MATERIALS

Kuligina M.V., Obrastsov N.K., Tikhomirov S.G.

*FSBEI HE "Voronezh State University of Engineering Technologies",
Voronezh, Russia.*

Currently, one of the main types of roofing materials used in construction is the so-called "soft roll roofing materials". Elastomers with high weather and heat resistance, such as EPDM and butyl rubber, are widely used in such materials. The use of recycled rubber products in the production of polymer roofing and waterproofing materials is of particular interest from an environmental and economic point of view. The work is devoted to the development of a technology for the regeneration of rubbers based on ethylene-propylene and butyl rubber for their subsequent use in the production of polymer roofing compositions. This will expand the range of waterproofing materials and reduce the volume of rubbers, as well as use reclaimed rubbers in a new production cycle, which will ensure resource conservation.

MODIFIED RUBBER FOR TIRE MATERIALS WITH IMPROVED PERFORMANCE

Firsova A.V.¹, Lynova A.S.¹, Glukhovskoy V.S.²

¹Voronezh State University of Engineering Technologies,

*²Voronezh Branch of the FSUE "Research Institute",
Voronezh, Russia*

Currently, the requirements for the characteristics and quality of tire treads are increasing: excellent adhesion to the road surface, low fuel consumption, high wear resistance. The work is devoted to improving the characteristics and quality of tread rubbers for automobile tires by using new brands of solution styrene-butadiene rubbers. Rubbers obtained by chemical modification and functionalization of the butadiene-styrene copolymer structure have differences in the characteristics of the molecular weight distribution. A technology has been developed for the production of modified statistical copolymers of styrene and butadiene in the presence of new initiating systems formed in the process of copolymerization in the "in situ" mode. Tread rubber based on modified rubbers have low rolling resistance, high grip on wet roads, high wear resistance.

VISUALIZATION OF DYNAMIC PROCESSES IN REGULATORY SYSTEMS

Bakalenko V.I., Deineka T.A.

*UO Belarusian State Technological University,
Minsk, Belarus*

The article deals with the issues of visualization of transient processes in automatic control systems. The application of the LabVIEW graphical development environment is proposed. A virtual system for regulating the parameters of the heat consumption system with the pos-

sibility of changing the characteristics of the control object and the regulator is presented.

**INNOVATIVE ASPECTS OF THE PRACTICAL
TRAINING OF STUDENTS OF THE SPECIALTY "
AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES"**

Karpovich D., Kobrinets V.

*UO Belarusian State Technological University,
Minsk, Belarus*

The article discusses the issues of innovative training of specialists in the field of automation of technological processes, aimed at increasing the level of implementation of modern approaches and automation tools in the graduation design of students.

**MATHEMATICAL SUPPORT FOR THE PROCESS
OF SYNTHESIS OF LOW-MOLECULAR POLYMERS
OBTAINED BY FRACTIONAL FEED OF
A DESTRUCTING AGENT**

Popov A.P., Obratsov N.K.

*Voronezh State University of Engineering Technologies,
Voronezh, Russia*

The article is devoted to modeling the process of thermo-oxidative destruction of polymers in solution with fractional initiator feed. The assumptions were made about the independence of the rate constant of the destructor formation on the value of the viscosity average molecular weight of the polymer and about the reversibility of the destruction reaction of polymer molecules. On the basis of the proposed model and the results of laboratory studies, experiments were carried out to assess

the kinetic parameters of destruction. The accuracy of matching the model to the real process is increased.

DEVELOPMENT OF NEW COMPLEX ACTIVATORS FOR RUBBER VULCANIZATION

Golyakevich A. A., Chvirova A.A., Karmanova O.V.

*FSBEI "Voronezh State University of Engineering Technologies",
Voronezh, Russia*

At present, the requirements for quality, environmental, technical and economic indicators of rubber products are increasing. In world practice, studies to reduce the content of zinc compounds in rubber products to improve the environmental situation are of great importance. In this regard, a complex vulcanization activator was developed, allowing to reduce the content of zinc oxide in the formulations of rubber compounds, without deteriorating the physical and mechanical properties of rubber products.

THE INFLUENCE OF VULCANIZATION PARAMETERS ON PROPERTIES OF TIRE RUBBERS

Gabrus A.A., Shashok Zh.S., Uss E.P.

*Belarusian State Technological University
Minsk, Republic of Belarus*

The article studies the influence of different modes of vulcanization on the elastic-strength characteristics of tire rubbers before and after heat aging. The object of the study was elastomer composition based on natural rubber, for the manufacture of a belt for automobile tires. It has been established that varying the technological modes of vulcanization makes it possible to regulate the structure of rubber, which affects their technical characteristics.

ELASTIC AND HYSTERESIS PROPERTIES OF TREAD RUBBER WITH SILICIC ACID FILLERS

Krotova O.A., Beloblotskaya N.G.

*Belarusian State Technological University
Minsk, Republic of Belarus*

The influence of silicic acid fillers on the elastic and hysteresis properties of tread rubbers based on a combination of styrene-butadiene and polybutadiene rubbers is investigated. It is established that it is most expedient to introduce silica Exstrasil 150 into recipe of elastomeric compositions of passenger tires, since its use makes it possible to obtain vulcanizates characterized by increased elasticity and adhesion to the road surface, as well as lower heat losses to the environment and fuel consumption.

PROPERTIES OF TWO-COMPONENT POLYURETHANE COMPOSITIONS

Lipatova, E. A., R. M. Dolinskaya

*Belarusian State Technological University
Minsk, Republic of Belarus*

Two-component polyurethane compositions are widely used due to the unique combination of properties such as hardness and elasticity.

In this work, we synthesized two-component polyurethane compositions based on PDA 800U polyester resin and Desmodur 44V20L polyisocyanate and studied their strength properties.

PDA 800U resin is a transparent homogeneous liquid, from light yellow to light brown in color, it is a product of polycondensation of diethylene glycol with adipic acid. Polyisocyanate (Desmodur 44V20L) is a mixture of 4,4'-diisocyanate (MDI) with isomers and homologs of higher functionality.

Tensile tests of polymer materials were carried out at temperatures of minus 50°C and plus 20°C, so that the samples were guaranteed to pass from a highly elastic to a glassy state, in accordance with GOST 11262-80 and GOST 9550-81 on a Kason WDW-10 breaking machine.

Stable polymer homogeneous compositions with different amounts of hardener were synthesized and their properties were investigated.

As a result of the conducted studies, compositions containing the optimal amount of hardener were obtained, the strength of the compositions varies from 50 N at a temperature of minus 50°C to 65.5 N at a temperature of plus 20°C.

The results obtained can be used for further research in the field of synthesis of polyurethane two-component compositions used to protect metals from mechanical influences.

纳米陶瓷膜污水处理技术及一体化装备的开发与应用

秦玉兰、代晋国、张勇、秦键滨、刘凤琼

广西碧清源环保投资有限公司

环境问题是目前最普遍和重要的问题，中国将污染防治作为三大攻坚战之一，水污染治理则是污染防治中的重要组成部分，现有处理技术均存在一定的不足，农村分散污水处理现在多用一体化设备，然而面临设备寿命短，运行不稳定的问题；工业污水水质复杂，对材料性能要求高。此外，近期全世界范围内遭遇的新冠疫情也使得人们更佳重视水污染，其中最终的一个环节就是医疗废水的处理，新冠期间各个医院都陆续开展了配套医疗废水处理设施的新建或改扩建，寻求最好的技术确保出水达标。在此背景下，先进的、稳定的、可持续性的污水处理装备的开发和应用显得格外重要，继工业、农村污水治理后，医疗废水治理的蓝海同步显现，污水整体市场份额超过万亿。

针对以上需求，碧清源公司自主研究开发了纳米陶瓷膜污水处理技术（NCMT）和一体化纳米陶瓷膜高效水质净化器（NCMWP）。陶瓷膜是以无机陶瓷材料经特殊工艺制备而形成的非对称膜。主要以不同规格的氧化铝、氧化锆、氧化钛和氧化硅等无机陶瓷材料作为支撑体，经表面涂膜、高温烧制而成。商品化的陶瓷膜通常具有三层结构（多孔支撑层、过渡层及分离层），呈非对称分布，过滤精度涵盖微滤、超滤、纳滤级别。陶瓷膜具有分离效率高、效果稳定、化学稳定性好、耐酸碱、耐有机溶剂、耐菌、耐高温、抗污染、机械强度高、再生性能好、分离过程简单、能耗低、操作维护简便、使用寿命长等众多优势，这些优势势必促使其在分离领域和水处理领域得到广泛的重视。

表 1 纳米陶瓷膜技术参数

膜形状	平板式陶瓷膜
过滤方式	外进式过滤
材质	陶瓷部分：Al ₂ O ₃
标准孔径	0.1μm
外形尺寸	W261×H1046×T6mm（可定制）
重量	2200g
膜面积	0.5m ²
温度范围	5-80℃
pH 值范围	2-12

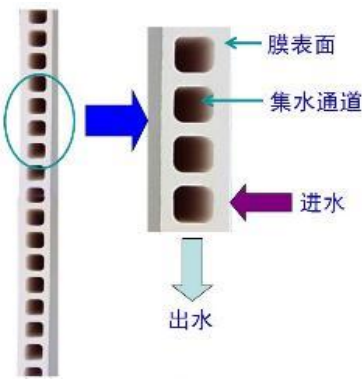


图 1 纳米陶瓷膜断面图

技术在开发过程中，公司始终坚持以节能减排为目的的技术创新，以完整的技术型全产业链模式发展创新，以生命周期理论为基础的机制创新，以产品多元化以适合不同应用领域的产品创新。多方位创新思想使得技术从研发到实践以及工程化应用形

成了完整的体系，从而促进了技术的快速发展。主要创新点如下：

（1）用平板陶瓷膜代替有机膜，克服了有机膜具有容易堵塞，容易老化，寿命短，不适合一些工业废水水质特征的特点，拓宽了膜生物反应器应用领域。

（2）随着我司陶瓷膜生产技术的不断突破，以陶瓷膜组件到全产业链发展的模式，从陶瓷膜材料生产，技术研发、环保装备的开发、咨询、设计、工程应用，运行维护全产业链发展模式，为大规模的降低材料成本和工艺技术成本提供了有力的保障。

（3）在工程化应用过程中，创新性解决了纳米平板陶瓷膜组件现场安装以及膜系统的膜污染控制问题，为膜组件的应用提供了运营技术支撑。

在无机膜细分领域，无论在技术研发、推广应用、规模、效益等方面，碧清源公司均处于国内领先地位。其技术先进性表现为：

（1）碧清源公司的纳米平板陶瓷膜污水处理技术及一体化装备是国家重点环境保护实用技术，不单是对传统 **MBR** 有机膜的取代，而是综合集成了纳米平板陶瓷膜新材料技术与活性污泥法污水处理新工艺技术而形成的一种平板陶瓷膜 **MBR** 工艺。该技术具有建设成本低，占地面积小，无需新增附属构筑物 and 用地，安装简单，可远程控制，无人值守，运维成本低，处理效果好等优点。出水效果优于《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 标准，中水可回用，并且运行成本低于有机膜生物反应器平均水平。应用案例六次获评“国家重点环境保护实用技术和示范工程”。

(2) 纳米陶瓷膜具有寿命长、分离精度高、通量大、机械强度高、化学稳定性强、耐酸碱、可再生恢复性强等优点，拓宽了膜生物反应器的应用领域，广泛适用于有机 MBR 工艺无法应用的各种类型工业污水、医疗污水、高浓度有机废水、含油废水以及高标准的农村污水、城镇污水等领域。

碧清源公司技术应用的著名工程包括：投资、建设、运营亚洲首例万吨级纳米陶瓷膜技术污水处理厂——贺州市旺高工业园区污水处理厂（2 万吨/天），该工程获评国家住建部“市政公用科技示范工程”。另一项为处理水质主要指标达到地表Ⅲ类水质的纳米陶瓷膜技术中水回用案例——粤桂合作特别试验区塘源污水处理厂（2 万吨/天），该工程获评“2020 年生态环境创新工程百佳案例”。

碧清源纳米陶瓷膜水处理技术实现了传统行业对工业废水和城镇污水处理工艺的新突破，填补了国内纳米陶瓷膜在万吨级污水处理技术上的空白。技术和装备大量应用于大型污水处理设施、分散式污水处理项目及供水给水领域，于北京、广东、广西及东南亚市场拥有两百多个工程案例，污水日处理量超过 15 万吨，在陶瓷平板膜领域国内市场占有率达 60% 以上。

碧清源的“纳米平板陶瓷膜污水处理技术及一体化装备”经中国环保产业协会技术鉴定，达到国际先进水平。被列入《国家水体污染控制与治理重大科技专项推介技术成果汇编》和《水污染防治先进技术与产品指导目录》。“陶瓷平板膜污水处理技术”入选国家《绿色技术推广目录》，“纳米陶瓷膜污水一体化处理装备”入选《国家鼓励发展的重大环保技术装备目录》。重点科研项目“城镇污水深度处理关键技术及再生利用一体化装备开发与应用”获 2020 年度广西科技进步奖一等奖。目前，碧清源已申请专利 40 多项，科技成果登记近二十项。制订了多项企业、地方和团体标准，以主要编写人身份参与了国家标准的制订。



图 2 一体化纳米陶瓷膜污水处理器实物图

基于视觉在柑橘喷洒机器人识别果树中的应用研究

裴逊一，林贤坤，卜庆鑫，梁植源，杨新新，冷臻

广西科技大学

广西柑橘产业近年来蓬勃发展，占据全国柑橘市场的龙头地位，成为推动县域经济发展的强劲动力。传统柑橘农药喷洒存在作业效率低、管理难度大和劳动力成本高等缺点。为了适应新形势广西柑橘产业的发展，提高柑橘农药喷洒的质量与效率，促进柑橘农药喷洒的智能化水平，所以研发柑橘农药智能化喷洒机器人，用来大力推动广西柑橘产业的发展。

在对柑橘果树喷洒农药的这一过程之中，对柑橘果树的识别定位是整个喷洒过程的重中之重。为了使机器人在果园中进行移动过程的时候可以根据机器人当前状态和所处周围环境的信息，自主决策并协调控制机器人的各种动作、行为，最终安全、无碰撞地实施农药喷洒，需利用视觉识别与监测系统获取的果园环境信息，实现机器人的定位。为此，需要深入研究柑橘果树的视觉识别系统，将视觉识别技术有效的应用在柑橘喷洒的过程中，以实现提高工作质量和喷洒效率的目的。

1 柑橘果树视觉识别系统原理

机器人在模仿人类进行某一项工作的过程中，首先要完成的工作就是在工作环境中对工作目标的识别。通过双目相机模仿人类的双眼对目标进行图像捕捉，将目标图像传回微型计算机。柑橘喷洒机器人采用高配置微型计算机，处理器采用 Pentium (R) 4 处理器，内存采用 4G 内存，以满足系统运行需要。通过微型计算机处理双目相机捕捉到的图像，模拟人类大脑对所见景象的判断过程。人脑对于柑橘果树的识别大体基于两个阶段：通过树干树叶和柑橘果实的存在判定眼前的景象中存在一株果树，再通过柑橘果实和柑橘树叶的特征来判定眼前的果树为柑橘果树。由于智能柑橘喷洒机器人的工作环境在柑橘种植果园中，工作环境不会出现除柑橘果树以外的其他果树，所以智能喷洒机器人只需要模

拟人脑判定柑橘果树的第一阶段，认定果树的存在就可以了。柑橘果树视觉识别系统如图 1 所示。

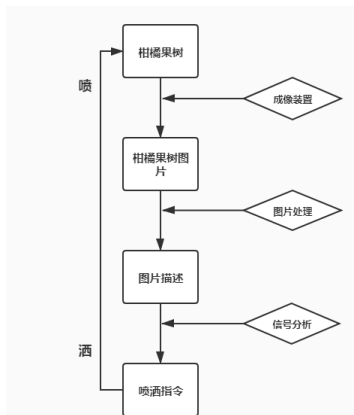
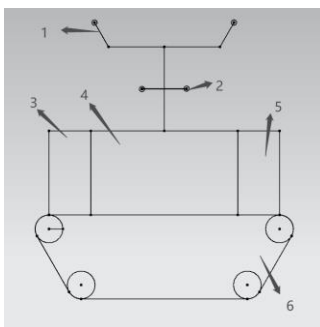


图 1 柑橘果树视觉识别系统模型

2 机械喷洒系统硬件设计

智能柑橘果树喷洒机器人主要有四个系统：果树喷洒系统，动力系统，运动控制系统和视觉识别系统。在这其中，果树喷洒系统是智能果树喷洒机器人的主要工作部件，相当于人类的双手双臂，用以模仿人类完成喷洒果树的工作。动力系统由履带式移动底盘和汽油发电机组成，用以完成在柑橘果园内的循迹工作，运动控制系统置于控制箱内，用于协调智能柑橘喷洒机器人的移动和喷洒方向调整。视觉识别系统用来模仿人类的眼睛分辨柑橘果树。总体结构图如图二所示。



1. 果树喷洒装置 2. 双目相机 3. 控制箱
4. 水箱 5. 汽油发电机与蓄电池 6. 履带式移动底盘

图 2 柑橘喷洒机器人总体设计图

1) 果树喷洒系统采用集成化模块化技术对移动喷洒设备进行设计研究。喷洒设备的每一个驱动元件都集成为一个模块，包括电机、电机驱动器和控制器集成为一体，每个模块通过 CAN 总线与机器人连接，让后整个作业臂通过 CAN 总线与机器人连接，模块化设计减少了各部分连接线的数量，增加了喷洒杆的可靠性和可维护易更换性。

2) 运动控制系统主要包括微型计算机、控制器、数据转换模块和导航模块等，负责接受双目相机接受的图像信息和智能柑橘果树喷洒机器人的位置信息，由数据转换模块将信息传递给控制器以完成对机器人的控制。

3) 视觉识别系统由双目相机和微型计算机组成，负责采集周围环境信息和对图像进行处理。

3 柑橘果树视觉识别系统软件设计

智能柑橘果树识别系统基于微型计算机对环境图像的处理。双目相机采集到环境图像后将采集到的彩色图像转换为灰度图像，灰度图像可以将原图像特征进行调整，以获得更高的精度。



图 3 柑橘果树原图



图 4 灰度图像

在将原图转换为灰度图像后，灰度图像依旧有很多噪声，为了提取柑橘果树轮廓，应对灰度图像进行噪声去除处理，如下图所示。

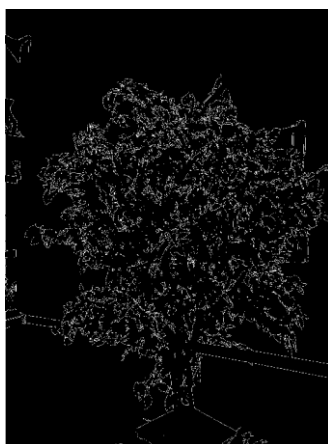


图 5 去噪声后的灰度图像

图 6 柑橘果树轮廓

处理完的灰度图像相对噪声减少，精度提高，可以进行果树轮廓提取，提取完图像如上图所示。

柑橘果树外形轮廓的提取可以让智能柑橘喷洒机器人在柑橘果园中识别到柑橘果树的存在，在微型计算机中可以将图片描述处理为对喷洒装置的指令，用来完成喷洒作业。

4 总结

¹广西柑橘产业的蓬勃发展，网格化和标准化种植的推进为智能柑橘果树喷洒机器人的推广提供了广大空间和良好环境。对柑橘果树的喷洒作业是柑橘产业的重要环节，智能化、自动化的喷洒机械是推动柑橘产业发展的重要环节。在现代人工智能产业的蓬勃发展下，基于机器视觉研究的智能机器人广泛应用于农业生产中，具有通用性强、结构简单、工作效率高、价格低廉等优势，在柑橘标准化和网格化种植的前提下，可实现农药的自动喷洒等，因此，较适合在标准化和网格化种植的果园示范区中推广应用，具有广阔的市场需求。同时，也会带来非常良好的经济效益和社会效益。

参考文献

- [1] 计算机视觉在果蔬机械采摘中的应用研究_曹煦. [J]. 农机化研究
- [2] 柑橘农药喷洒效果的影响因素分析_刘岳飞. [J]. 广西科技大学学报
- [3] 成熟柑橘识别与树干轮廓提取方法的研究与实现_占求香. [D]. 湖南大学学位论文
- [4] 柑橘采摘机器人成熟果实定位及障碍物检测研究_周军. [D]. 江苏大学学位论文
- [5] 基于树形结构相似度的植物种类识别系统_丁维龙. [J]. 中南大学学报

УДК 541.64

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ
СУПЕРАБСОРБЕНТА НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ
РАСТЕНИЕВОДСТВА**

Лавлинская М.С., Сорокин А.В.

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет
инженерных технологий»,
г. Воронеж, Россия*

Аннотация. Работа посвящена разработке технологии получения экологичного полусинтетического суперабсорбента на основе отходов растениеводства для использования в сельском хозяйстве. Использование в качестве сырья отходов растениеводства, содержащих до 65 % полисахаридов, позволяет сократить расходы на 36 %. Инновационная разработка – применение пластификатора при синтезе суперабсорбента – позволит создать продукт, обогащенный полисахаридами и сохраняющий конкурентные потребительские свойства.

Инновационные материалы последних десятилетий XX века – суперабсорбенты (САП) – полимеры, способные абсорбировать и удерживать количества жидкости в сотни и тысячи раз превосходящие собственную массу [1-2], продолжают привлекать к себе повышенное внимание, как со стороны исследователей, так и со стороны промышленного сектора. Благодаря своим уникальным свойствам они находят широкое применение в различных областях хозяйственной деятельности человека, например, при создании гигиенической продукции, упаковки продуктов, контактных линз и, конечно же, в сельском хозяйстве.

Все САП, как разрабатываемые в настоящее время, так и промышленно выпускаемые можно разделить на три группы [1]. К первой, наиболее обширной, относятся синтетические САП, полученные только из акриловых мономеров. Степень набухания (SR) таких продуктов обычно составляет 500 и более. Большая часть промышленно

выпускаемых САП относятся именно к этой категории. Их использование сопряжено с высокой экологической нагрузкой, так как, несмотря на отличные потребительские характеристики, эти полимеры не являются биodeградируемыми [1].

Вторая группа – полностью биodeградируемые САП, представляющие собой сшитые макромолекулы полисахаридов, например, производных альгиновой кислоты, целлюлозы или хитина. Степень набухания этих материалов обычно составляет 300 или меньше, а также они характеризуются низкой механической прочностью. Из-за этих недостатков промышленно полностью биodeградируемые суперабсорбенты не выпускаются [1].

Третья группа представляет собой композитные материалы, называемые полусинтетическими САП и состоящими из акриловых мономеров и биodeградируемых компонентов, вводимых для снижения экологической нагрузки при крупнотоннажном использовании. Эта категория суперабсорбентов является наиболее перспективной, так как сочетает в себе высокие потребительские характеристики (SR порядка 500) синтетических САП и экологичность полисахаридов [1-2]. На территории России коммерчески доступен только один такой полимер, отличающийся высокой стоимостью по сравнению с синтетическими образцами.

Цель настоящей работы – разработка технологии получения экологичного полусинтетического суперабсорбента, обогащенного полисахаридами и сохраняющего SR не менее 500, для использования в сельском хозяйстве.

Анализ мирового потребления суперабсорбентов показывает, что в 2019 году на долю сельского хозяйства приходится только 10 % от всех выпускаемых в мире [2]. Однако по оценкам экспертов в ближайшее время планируется активный рост использования этих продуктов, в виду значительного положительного экономического эффекта, образующегося при их применении в агротехнологиях. Особенно стоит отметить сокращение затрат на 35 % на ирригационную воду, повышение урожайности культур до 50 % и биодоступности удобрений до 85 %, предотвращение развития воздушной и водной эрозии почв, что способствует сохранению их плодородности [2].

В настоящее время для производства коммерческих синтетических САП используются отдельные полисахариды, наиболее часто применяемым из которых является крахмал. Из-за использования конкретного компонента рыночная стоимость такого продукта значительно повышается. Чтобы нивелировать этот недостаток, мы предлагаем использовать в качестве источника полисахаридов отходы продуктов растениеводства. Ежегодно в мире образуется около 500 млн тонн растительных отходов, значительная часть которых остается невостребованной. Кроме того, в некоторых из них содержится до 65 % масс. полисахаридов, что в сочетании с доступностью и низкой стоимостью делает их перспективным сырьем для производства суперабсорбентов.

Как уже говорилось выше, введение полисахаридных звеньев в матрицу суперабсорбента позволяет создать более экологичный продукт, способный разлагаться в естественных условиях под действием почвенного биома. Однако, как показали экспериментальные данные (рис. 1а), в этом случае наблюдается обратная зависимость с потребительскими характеристиками: при увеличении содержания полисахарида в САП его степень набухания значительно уменьшается.

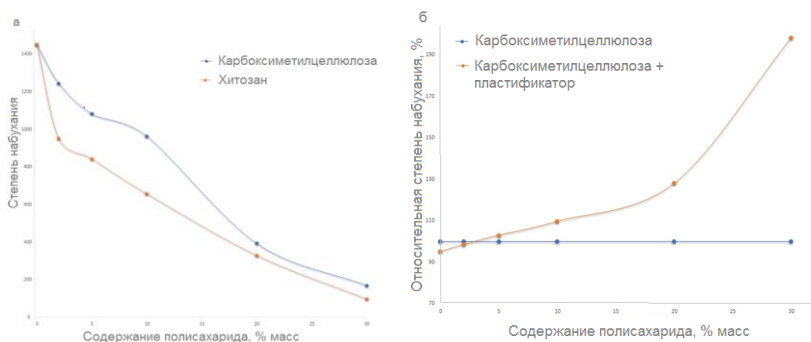


Рисунок 1. Зависимость степени набухания суперабсорбента от содержания полисахарида: а – без пластификатора, б – с пластификатором.

Для решения этой проблемы мы предлагаем использовать пластификаторы – добавки, снижающие жесткость полимерной

трехмерной сетки – основы суперабсорбента. В виду особенностей своего строения, макромолекулы полисахаридов прочно связаны внутри- и межмолекулярными водородными связями, что затрудняет их взаимодействие с водой и снижает степень набухания суперабсорбента. Введение же небольших количеств (менее 10 %) пластификатора способствует снижению плотности водородных связей, что способствует увеличению количества сорбционных центров, и, как следствие повышению степени набухания. Проведенные нами ранее исследования, проведенные на суперабсорбентах, синтезированных с использованием модельного полисахарида – натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы – показали, что таким образом можно добиться повышения степени набухания в два раза (рис. 1б).

Кроме того, предварительный расчет показал, что совместное использование отходов растениеводства в качестве сырья для производства суперабсорбентов в сочетании с добавками пластификатора позволяет снизить стоимость сырья на 36 % по сравнению с полностью синтетическим САП, при сохранении желаемых потребительских характеристик.

Таким образом, совместное использование отходов растениеводства с инновационным подходом – применением пластификатора – позволяет разработать технологию производства экологичного суперабсорбента для применения в сельском хозяйстве.

Список литературы

1. Mignon A., De Belie N., Dubruel P., Van Vlierberghe S. Superabsorbent polymers: A review on the characteristics and applications of synthetic, polysaccharide-based, semi-synthetic and “smart” derivatives // *European Polymer Journal*. 2019. Vol. 117. P. 165-178.
2. Li S., Chen G. Agricultural waste-derived superabsorbent hydrogels: Preparation, performance, and socioeconomic impacts // *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 251. P. 119669.

УДК. 675.92.028.3

РАСЧЕТНЫЕ МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ УСЛОВИЙ ВУЛКАНИЗАЦИИ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ШИН

Маслов А.А., Линцова Е.В., Скачков А.М.

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет
инженерных технологий»,
г. Воронеж, Россия*

Аннотация. Предложены методы расчета оптимальных режимов технологического процесса вулканизации на примере пневматических шин. Методы реализованы в виде программно-технического комплекса. При синтезе метода оптимизации условий вулканизации на примере пневматических шин исследованы такие вопросы как: математическое моделирование температурных полей в исследуемых изделиях; разработка математической и компьютерной моделей распределения температурных полей в многоэлементных изделиях сложной конфигурации с учетом зависимости теплофизических свойств полимерных композиций от температуры и состава; синтез математической модели кинетики неизотермической вулканизации на основе усовершенствованной кинетической схемы и температурных полей в изделиях сложной конфигурации. Предложенные подходы способствуют интенсифицировать технологические этапы вулканизации в резинотехнических производствах. Результаты исследований позволяют сократить время и затраты на цикл испытаний продукта, связанный с проблемой выбора рецептурного состава резиновых смесей и входного контроля качества сырья, что, как следствие, позволит к снижению себестоимости продукции.

Развитие шинной промышленности инициирует оптимизацию технологических процессов. Поэтому существенной задачей сегодняшнего дня является разработка вычислительных методов

задания рационального и оптимального технологического регламента процесса вулканизации на примере пневматических шин. Результаты исследований реализуются в виде специализированного программного обеспечения. Несовершенство общей методологии в задачах, сопряженных со структурированием толстостенных армированных эластомерных композитов стимулирует ученых всего мира исследовать данную предметную область.

В ходе исследований создана лабораторная установка-вулканизатор, с возможностью регистрации показаний температур экспериментальных образцов в трех зонах: центральная, верхняя и нижняя границы изделия. Данные, полученные в результате натурных экспериментов, способствуют определению теплопроводности и объемной теплоемкости в исследуемых полимерных изделиях.

Разработан метод расчета теплофизических параметров вулканизируемых резиновых изделий. Реализация метода базируется на решении уравнений теплопроводности (1). Его особенностью является установление зависимости коэффициентов теплоемкости и теплопроводности исследуемой среды от температуры.

$$(1) \quad \left\{ \begin{array}{l} C(T) \cdot \frac{\partial T(l, t)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial l} \left\{ \lambda(T) \cdot \frac{\partial T(l, t)}{\partial l} \right\} + q(l, t); \\ l \in [0, L], t \in [0, t_k] \\ T(l, 0) = T_0(l); l \in [0, L] \\ T(0, t) = T_B(t), T(L, t) = T_H(t); t \in [0, t_k], \end{array} \right.$$

В результате реализации предложенного метода определения теплофизических параметров изделий, получен график поверхности, устанавливающий зависимость теплоемкости эластомерной композиции от температуры среды и ее изменение в процессе вулканизации (рис. 1).

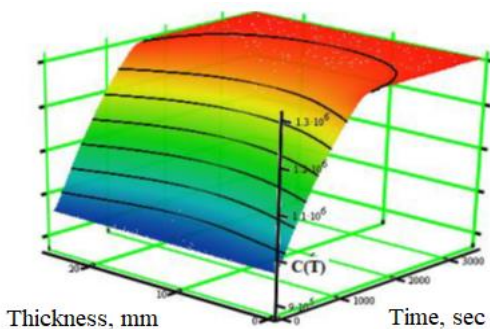


Рисунок 1 – График поверхности изменения теплоемкости вулканизата по толщине и во времени

В основу расчетных методов определения оптимального режима вулканизации положены методы расчета степени завершенности процесса, или определение степени вулканизации во времени и по объему готовой продукции. Для решения задач математического моделирования кинетики вулканизации, как при изотермических, так и при неізотермических условиях, использована кинетическая схема вулканизации, описанная в работах [1]-[2]. Решение задачи сводится к следующей последовательности действий: определение исходных концентраций реагентов полимерных композитов; оцифровка реограмм; оценка значений концентрации поперечных связей по данным крутящих моментов показаний реометра; идентификация параметров математических моделей.

Определение оптимальных параметров технологического процесса осуществляется с помощью выбора температурного режима, который обеспечивают определение времени достижения заданной степени вулканизации во всех точках и слоях изделия. Каждый полимерный слой характеризуется своим составом и соответствующими ему характеристиками.

Численное и компьютерное моделирование процесса вулканизации предполагает решение двух взаимосвязанных задач: задачу определения температурного поля в изделии и расчет степени вулканизации, согласно значениям полученных температурных

полей. Предложены расчетные методы оптимизации условий вулканизации, на основании которых выдаются рекомендации по завершению этапа технологического процесса [3]. На рис. 2 представлены графики распределения температуры и степени вулканизации по сечениям исследуемых изделий, полученные с помощью предложенных методов.

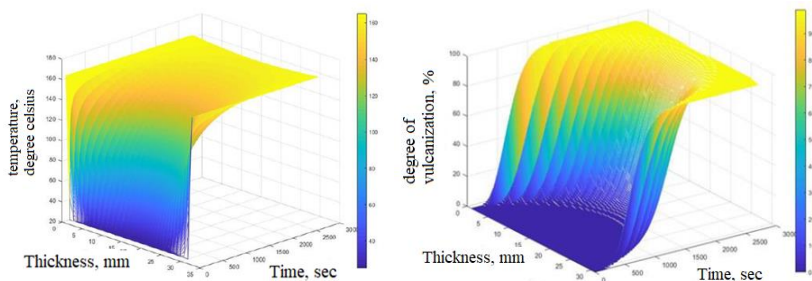


Рисунок 2 – Распределение температуры по объему образца (слева);
распределение степени вулканизации по объему образца (справа)

Разработанный подход обеспечивает интенсификацию процесса вулканизации в резинотехнических производствах. Результаты исследований позволяют сократить время и затраты на цикл испытаний продукта, связанный с проблемой выбора рецептурного состава резиновых смесей и входного контроля качества сырья, что, как следствие, обеспечит снижение себестоимости готовой продукции.

Наряду с конкурирующими зарубежными компаниями использование данного программного пакета в производственных условиях экономически целесообразно. Итоги исследований могут применяться в учебно-исследовательских лабораториях, занимающихся изучением процессов вулканизации резиновых смесей.

Список литературы

1. Молчанов В. И., Карманова О.В., Тихомиров С.Г., Пятаков Ю.В., Касперович А.В. Моделирование кинетики неизотермической вулканизации массивных резиновых // Труды БГТУ. №4.

Химия, технология органических веществ и биотехнология. 2014. № 4 (168). С. 100-104.

2. Пятаков Ю. В., Тихомиров С.Г., Карманова О.В., Маслов А.А. Расчет температурных полей пневматических шин в процессе вулканизации // В сборнике: Проблемы шин, РТИ и эластомерных композитов. сборник научных трудов XXVII международного симпозиума. 2016. С. 405-413.

3. Тихомиров С. Г., Карманова О.В., Битюков В. К., Маслов А. А. Программное обеспечение задачи определения оптимального времени вулканизации резиновых смесей // Вестник ВГУ, серия: Системный анализ и информационные технологии, 2018. № 4. С.108.

УДК 66.011

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БУТИЛ-РЕГЕНЕРАТА С ПРОГНОЗИРУЕМЫМИ СВОЙСТВАМИ

Карманов А.В.¹, Тихомиров Г.С.², Зайцев С.А.²

¹*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»,*

²*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,
г. Воронеж, Россия*

Аннотация. Работа посвящена разработке технологии получения бутилрегенерата с прогнозируемыми свойствами. Применение при производстве резиновых изделий регенерата бутилкаучука, и возвращение в производственный цикл отработанных изделий на его основе, позволит сократить количество отходов и затраты на производство новых резинотехнических изделий. Возможность прогнозирования свойств на этапе производства позволит получать продукты с требуемыми показателями качества в зависимости от назначения.

В настоящее время наблюдается общемировая тенденция на увеличение потребления полимеров, требующая увеличения их производства. Так, например, прогноз развития рынка шинной промышленности в России показывает увеличение на 150% производства шин к 2022 году. Одновременно остро встает проблема переработки и утилизации изделий из полимеров, которые выходят из эксплуатации. Например, сегодня в России объем отработанных диафрагм и варочных камер на основе бутилкаучука составляет 1500-2000 тонн в год, и данный объем будет только расти [1].

Применение при производстве резиновых изделий регенерированного каучука, такого как бутилкаучук (БК), и возвращение в производственный цикл отработанных изделий на его основе (таких как диафрагм и варочных камер), позволит сократить количество отходов и затраты на производство новых резинотехнических изделий. А возможность прогнозирования свойств на этапе производства позволит получать продукты с требуемыми показателями качества в зависимости от назначения.

Технология производства регенерированного бутилкаучука в России в промышленных масштабах отсутствует, поэтому разработка технологии получения бутилрегенерата (БР) с прогнозируемыми свойствами является актуальной проблемой [1].

При разработке технологии для выпуска продукции заданного качества необходимым условием является создание математического и алгоритмического описания процесса деструкции, основными задачами которых является разработка методик экспресс-оценки качества и прогнозирования свойств бутилрегенерата.

В настоящее время в России производство бутилкаучука достигает почти 150 тыс. тонн в год. При этом большая часть бутилкаучука используется в шинной промышленности. Замена этого ценного полимера в рецептурах резин регенератом позволит обеспечить значительный экономический и экологический эффект. В настоящее время в существующих рецептурах с целью их удешевления осуществляется замена дорогостоящего бутилкаучука на БР до 10%.

Одним из наиболее перспективных способов переработки полимерных отходов на основе насыщенных каучуков, к которым относится бутилкаучук, является обработка ионизирующими излучени-

ями и термомеханообработка, в ходе которых изменяется его молекулярно-массовое распределение и концентрация поперечных связей. В свою очередь от данных показателей зависят такие качества конечного изделия, как прочность на разрыв, химическая стойкость и др. Комбинация этих способов обработки позволит наиболее эффективно с наименьшими затратами получать изделия с определенными характеристиками [2].

Радиационная регенерация резин на основе БК осуществляется без применения более дорогостоящих, чем исходное резиновое сырье, мягчителей и активаторов. В процессе облучения не происходит выделение заметных количеств летучих веществ и газов в атмосферу рабочих помещений и окружающую среду, и образование загрязненных сточных вод.

Предлагаемый метод двухстадийной деструкции предлагается проводить в два этапа:

1. Радиационная обработка материала ускоренными электронами.
2. Термомеханическая обработка облучаемого материала в температурном диапазоне 100-160 °С.

Для прогнозирования, контроля и управления процессом получения БР применяется математическое описание зависимостей вязкости по Муни и параметров молекулярной структуры БР от поглощенной дозы (θ , кГр), продолжительности (t , мин) и условия термомеханической обработки (T , К).

Решение проблемы получения заданных показателей качества сводится к решению задачи оптимизации с целью выбора значений оптимальных параметров управляющих воздействий (дозы (θ , кГр), продолжительности (t , мин) и условия термомеханической обработки) и учитывающего их влияние на всех этапах производственного процесса [3].

На первой стадии производится радиационная обработка ускоренными электронами дозами 30-250 кГр. Структурные параметры облученных резин исследовались методом равновесного набухания и золь-гель анализа. Установлено, что в процессе радиационной обработки одновременно с деструкцией макромолекул протекает разрушение поперечных связей, а концентрация поперечных связей снижалась.

Вязкоупругие свойства экспериментальных образцов бутилрегенератов исследовались с помощью вискозиметра Муни. Показатель вязкости по Муни находился в пределах 50-280 усл. ед. в зависимости от условий обработки. Установлено, что, варьируя значения величины поглощенной дозы можно получить резиновые смеси с оптимальным для переработки показателем вязкости, лежащими в диапазоне 50-65 усл. ед.

Также были исследованы изменения упруго-прочностных свойств от величины поглощенной дозы (рис. 1).

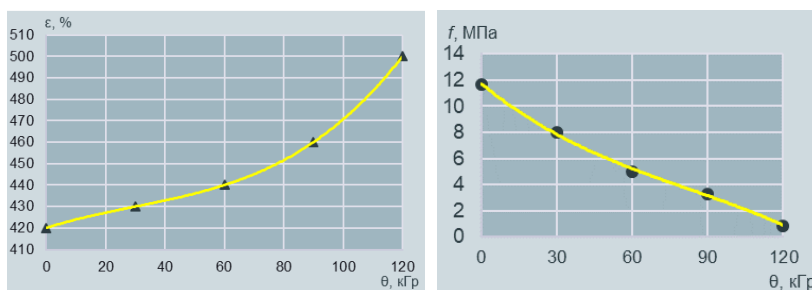


Рисунок 1 - Зависимость упруго-прочностных свойств от поглощенной дозы: а – относительное удлинение, б – прочность на разрыв.

Разработано математическое описание изменения свойств бутилрегенерата от условий радиационной обработки. Определена Зависимость вязкости по Муни от концентрации радикалов, а также зависимость основных свойств РБР от начальных значений и поглощенной дозы [4].

Выполнены расчеты параметров процесса, которые позволили определить условия обработки, необходимые для получения радиационного бутилрегенерата с разным набором характеристик структуры и свойств. Проведена идентификация модели и подтверждена ее адекватность (табл. 1).

На второй стадии на пластикордере Брабендера осуществляется термомеханическую обработка облученных резин при температуре от 100 до 160 °С в течение 30 минут при различных скоростях вращения валльцев.

Таблица 1. Результаты расчета и идентификации математической модели.

Поглощ. доза, кГр	M _h экс, у.е.	M _h расч, у.е.	Δотн., %	R ²	F-тест
0	-	537,74	-	0,99	149,25
60	260	266,55	0,66		
90	180	179,99	0,01		
120	80	81,01	0,01		
150	52	50,23	1,77		
200	24	23,96	0,06		
250	18	16,95	1,05		

Результаты математического моделирования двухстадийной деструкции, позволяют получить количественное описание кинетики химических превращений в зависимости от варьирования величин воздействий процесса деструкции – дозы облучения, температуры и условий механообработки.

Для реализации способа комбинирования факторов деструкции определяется оптимальное количественное соотношение между величинами этих управляющих воздействий перед их подачей на устройства управления АСУ [5].

Таким образом, предлагаемая технология получения бутилрегенерата с прогнозируемыми свойствами позволит не только синтезировать перспективные полимерные материалы, оптимизировать технологический процесс их получения, но и пополнит арсенал средств, применяемых при моделировании физических и химических свойств таких структур.

Список литературы

1. Черняев А.П., Варзарь С.М., Белоусов А.В., Желтоножская М.В., Лыкова Е.Н. Перспективы развития радиационных технологий в России // Ядерная физика. 2019. Т. 82. № 5. С. 425-439.
2. Pogodaev A.K., Pogodaev A.K., Tikhomirov S.G., Karmanova O.V., Podvalny S.L., Khvostov A.A., Karmanov A.V. Mathematical modeling of the process of thermomechanical destruction of elastomers treated with ionizing radiation // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. 2019. Vol. 54. No. 5. P. 902-908.
3. Павлов А.Н., Соколов Б.В. Принятие решений в условиях нечеткой информации: учеб. пособие // ГУАП – СПб., 2006 – 72 с.

4. Tikhomirov S.G., Polevoy P.S., Semenov M.E., Karmanov A.V. Modeling of the destruction process of butyl rubber // Radiation Physics and Chemistry. 2019. Vol. 158. P. 205-208.

5. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д.А. Поспелова. М.: Наука, 1986 – 311 с.

УДК. 672.07

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ И АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Карпов Е.А., Соловьев А.М., Мищенко И.Б.

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,
г. Воронеж, Россия.*

Аннотация. Работа посвящена разработке модели и алгоритма оптимизации современных летательных устройств. Сеть летательного аппарата формализуется моделью распределенной модульной электроники (РМЭ). Разработанный алгоритм, позволит снизить затраты на строительство современных летательных аппаратов, а также потенциально обезопасить полеты.

Введение

Авиационная промышленность является одной из передовых отраслей во многих странах. Ежегодное количество инвестиций, привлекаемых в эту отрасль, неуклонно растет, равно, как и объем производимой техники. При этом, системы авионики призванные обрабатывать гигантские объемы информации в режиме реального времени играют ключевую роль в навигации воздушного судна, управлении, а также обеспечении безопасности. Хорошо известно, что современные системы авионики составляют более тридцати процентов стоимости воздушного судна. В этой связи, оптимизация бортовых систем авионики с точки зрения уменьшения эксплуатационной массы, технико-экономических

показателей при повышении надежности и безопасности воздушного судна в целом, является важной и актуальной задачей. Под системами авионики понимается совокупность электронного оборудования, призванная решать задачи обработки информации, поступающих с датчиков, управления, навигации, и безопасности полета [1]. Ее основными элементами являются коммутаторы, вычислители, соединительные кабели, датчики и другие устройства. На сегодняшний день, системы авионики самолета составляют сложные сетевые комплексы с не менее сложной архитектурой [2]. Одна из важнейших задач, связана с выбором оптимального количества устройств, а также расположением таковых на борту воздушного судна. При этом, задача об оптимальном распределении систем авионики на борту относится к числу неклассических многокритериальных задач математического программирования и не имеет стандартного решения, реализуемого классическими алгоритмами.

В настоящей работе представлено описание алгоритма оптимизации расположения устройств на борту летательного судна. Использование приведенного алгоритма позволит снизить стоимость летательного аппарата, потенциально повысить безопасность полетов, уменьшить габаритную массу воздушного судна, увеличить полезное пространство, а также снизить цены на авиаперелеты.

Процесс проектирования сети: модель РМЭ

Процесс проектирования архитектуры бортовой сети летательного судна осуществляться на основе определенной модели. В настоящей работе используется модель распределенной модульной электроники (далее РМЭ) [2], представленная на рисунке 1.

Эта модель состоит из трех уровней: уровень систем, уровень оборудования, уровень установки. На уровне систем определяется набор функций, их взаимоотношения и ограничения. На уровне оборудования определяется возможный набор типов устройств и их связь между собой, а также максимальное количество устройств определенного типа (вычислителей и коммутаторов). На уровне геометрии определяются возможные места установки устройств и расстояния между ними, тем самым проектируя возможное расположение кабелей в самолете.

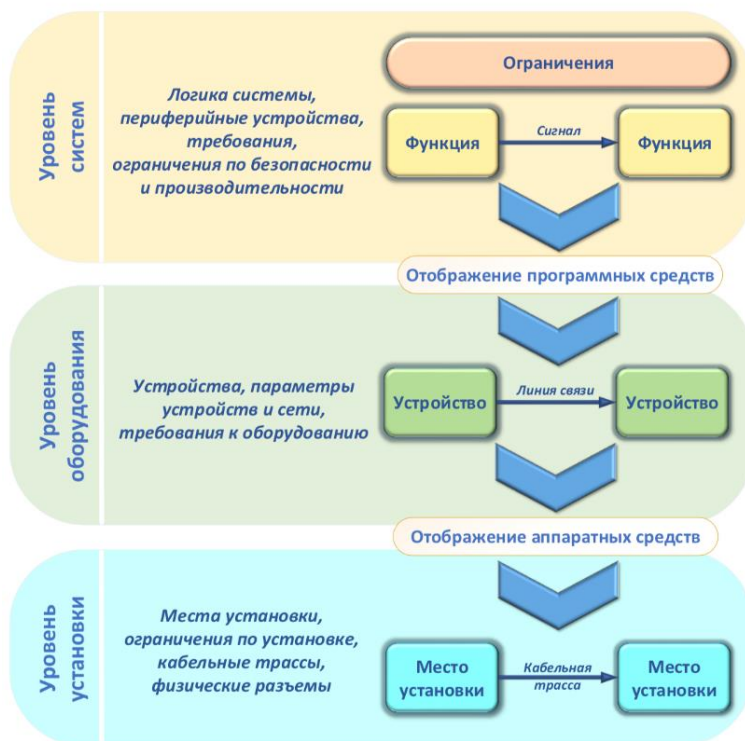


Рисунок 1 - Модель распределенной модульной электроники

Алгоритм оптимизации

Основными критериями, подлежащими оптимизации, являются: общее количество устройств на борту, масса самолета, энергопотребление, ресурсопотребление, оптимизация топологии бортовой сети и так далее. Алгоритм оптимизации основывается на минимизации целевого функционала, включающего общий, объем используемой памяти, характеристики пропускной способности интерфейсов и пределы загрузки устройств. Оптимизация функционала планируется по критерию Парето. При этом, в ходе оптимизации функционала планируется учет таких параметров как пре-

дела загрузки устройств, их производительность, пропускная способность. В силу своей структуры, предложенный алгоритм, учитывает приоритетность оптимизации требуемого набора ресурсов, в соответствии с представлениями разработчика относительно важности соответствующих параметров.

Заключение

В настоящей работе представлено описание алгоритма оптимизации расположения устройств на борту летательного судна. Сеть летательного аппарата формализуется моделью РМЭ. В ходе работы алгоритма, оптимизируется ряд ресурсных характеристик, совместно с учетом пределов нагрузки, производительности и пропускной способности вычислителя, а также учитываются заранее заданные приоритеты оптимизации. Представленный алгоритм, позволит снизить стоимость летательного аппарата, потенциально повысит безопасность полетов, уменьшить габаритную массу воздушного судна, увеличить полезное пространство, а также снизить цены на авиаперелеты.

Список литературы

1. Platoshin G.A., Selvesuk N.I., Semenov, M.E., Novikov V.M. Method of optimization onboard communication network // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018, 312(1), 012020.
2. Соловьев А.М., Сельвесюк Н.И., Карпов Е.А., Платошин Г.А., Новиков В.М., Семенов М.Е. Алгоритмическое обеспечение оптимизации архитектуры распределенной бортовой сети воздушного судна. // XII Мультиконференция по проблемам управления (МКПУ-2019). 2019. С. 120-122

УДК. 66.03

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ РЕЦИКЛИНГЕ ОТХОДОВ ПЭТФ

Боголепова О.В., Назарьева Н.В., Седых А.А.

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет
инженерных технологий»,
г. Воронеж, Россия,*

Аннотация. В работе рассмотрена основная проблема при переработке отходов полиэтилентерефталата - загрязненность вторичного сырья. Совокупность механической и химической очистки с использованием современного оборудования решает указанную проблему, позволяет вводить в первичный полимер от 25% вторичного сырья без потери качества. Внедрение представленного комплекса технологических решений переработки ПЭТФ в производственную линию позволяет сократить потребление коммунальных услуг, затрат на управление, снизить количество используемой воды и уменьшить затраты на водоочистку.

При переработке отходов полиэтилентерефталата (ПЭТФ) существует масса проблем, главной из которых является загрязненность вторичного сырья. Данный фактор не позволяет достичь высокого качества полимерных гранул [1].

Существуют принципиальные ограничения в процессе вторичной переработки ПЭТ:

- требуется высокая чистота питающего потока: засоренность в волокнах или бутылках не допускается из-за возникновения проблем с разрывом волокон и эстетических соображений. Следы от наклеек и клеев (на основе канифольевых кислот и сложных эфиров), приводят к изменению цвета ПЭТ и потере прозрачности;

- повышенные требования к содержанию остаточной влаги после сушки, так как ПЭТФ, имеющий остаточную влажность, легко разрушается при переработке;

- для различных областей применения ПЭТФ требуется особая внутренняя вязкость. Переработка в расплаве приводит к снижению внутренней вязкости полимера, что накладывает ограничение на сферы его вторичного применения [2].

Разработка технических решений по совершенствованию способов переработки ПЭТФ позволяет найти ответы на поставленные задачи. Проблему загрязненности вторичного сырья решает совокупность механической и химической очистки с использованием современного оборудования. Совместное использование методов очистки позволяет повысить эффективность переработки отходов, а также создать энергетически и экологически выигрышную технологию, рентабельную при крупнотоннажном выпуске продукта.

Предлагаемая схема модернизированной механической очистки ПЭТФ включает предварительную сухую очистку на аппарате для удаления этикетки, основанном на комплексе баллистических сепараторов, оснащенном электронными датчиками для сортировки полимеров по виду и цвету, а также металлодетектором. Это позволяет уже на данной стадии очистить сырье на 96% (от металла, бумаги, ПВХ и прочих полимерных включений). Отходы сортируются и собираются в сухом виде, что снижает затраты на их утилизацию и повышает ценность полимеров как сырья для вторичной переработки. Снижается потребление воды, как минимум, в 3 раза, как следствие, снижаются и расходы на водочистку. Далее ПЭТФ поступает для дальнейшей переработки на сокращенную линию очистки, укомплектованную необходимым оборудованием с учетом уже частично очищенных бутылок. Важнейшим этапом очистки является горячая мойка с высоким трением, удаляющая мельчайшие загрязнения (содержание ПЭ, ПП < 10 ppm). Этому этапу предшествует измельчение сырья на жерновах [3].

Последующие этапы включают горячее и холодное полоскание (рН 7,5-8), механическую сушку центрифугированием, горя-

чую воздушную сушку (H_2O 0,5 - 0,7%), просеивание на виброситах и смешение в силосах, обеспыливание ($<0,5\%$ пыли и загрязнений), гомогенизацию для усреднения показателей, повторную сортировку с помощью спектрометров, сепарацию металла [4]. Уменьшение расхода воды 1,1 литр/кг ПЭТФ обеспечивает процесс фильтрации, позволяющий осуществлять рециркуляцию в замкнутом контуре, что так же способствует уменьшению расхода химических продуктов.

На основе анализа научно-технической литературы установлено, что ни один из способов механической очистки не позволяет избавиться от загрязнений в составе хлопьев ПЭТФ [5]. Потому, предлагается подготовленные хлопья с характеристиками, представленными в таблице 1, направлять на плавление при температуре порядка 270°C , и деполимеризацию этиленгликолем (расход ЭГ порядка 500 кг/т) с использованием $\text{Zn}(\text{O}_2\text{CCH}_3)_2$ в качестве катализатора ($T=180\text{-}210^\circ\text{C}$), полученный на этой стадии бис(2-гидроксипропил)терефталат имеет меньшую вязкость, чем расплав ПЭТФ, это дает возможность удалить загрязнения субмикронного размера (а так же красители и пигменты) с помощью абсорбентов.

Таблица 1 – Характеристики хлопьев ПЭТФ

Вязкость, дЛ/г	0,74 +/- 0,02
Влажность, %	0,5 – 0,7
Объемная плотность, кг/л	350 – 400
Размер, мм	3 – 10
pH	8
ПВХ, ppm	10
бумага/ клей/ металл, ppm	10

Подогнанный по плотности поток БГЭТ включается в основной поток с преполимером, поступающим со стадии преполиконденсации ($t = 290^\circ\text{C}$; $p = 0,0019$ МПа), проходя гомогенизацию, расплавы направляются в поликонденсатор ($t = 280^\circ\text{C}$; $p = 0,004$ МПа) и дальше поступают на последующую переработку по традиционной схеме твердофазной поликонденсации SSP (Solid State Polycondensation).

Совокупность данных технологий позволяет вводить в первичный полимер минимум 25% вторсырья без потери качества, а

для большего процентного содержания вторичного сырья рассматривается ввод таких добавок как противостарители, пластификаторы, модификаторы и другие. Комплекс технологических решений переработки вторичного ПЭТФ и внедрения его в производственную линию позволяет сократить потребление коммунальных услуг и затрат на управление, а также существенно снизить количество используемой воды и уменьшить затраты на водоочистку.

Список литературы

1. Шайерс Дж. Рециклинг пластмасс: наука, технологии, практика: Пер. с англ. — СПб.: Научные основы и технологии. 2012.
2. Ишалина О.В., Лакеев С.Н., Миннигулов Р.З., Майданова И.О. Анализ методов переработки отходов полиэтилентерефталата // Производство и использование эластомеров. 2015. №3.
3. Филимонов О.И. Особенности ПЭТ-тары как вторичного антропогенного сырья и ценообразование в сфере переработки // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-2
4. Ф. Ла Мантиа. Вторичная переработка пластмасс: Пер. с англ. под ред. Г.Е. Заикова. — СПб.: Профессия. 2007.
5. Митрофанов Р.Ю., Чистякова Ю.С., Севодин В.П. Переработка отходов полиэтилентерефталата. // Твердые бытовые отходы.

УДК 678.7:691.173

ВОДОНАБУХАЮЩИЕ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ КАУЧУКОВ

Москалев А.С., Деркачев М.С., Карманова О.В.

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет
инженерных технологий»,
г. Воронеж, Россия*

Аннотация. Разработаны водонабухающие эластомерные композиции (ВЭК) на основе каучуков общего назначения обладающие высокой степенью набухания – до 600%. ВЭК могут применяться в

качестве гидроизоляционных материалов в промышленном и гражданском строительстве для защиты и гидроизоляции строений, жилых домов, подземных парковок, метро, промышленных площадок и т.д. Разработана технология смешения композиций, обеспечивающая равномерное распределение полиакриламида в полимерной матрице. Предложены и экспериментально апробированы различные варианты режимов вулканизации, что позволяет получать формовые и неформовые ВЭК с различными эксплуатационными свойствами, в зависимости от поставленной задачи.

Стремительное развитие строительной индустрии предопределило высокий спрос на различные гидроизоляционные материалы. Широкое применение для уплотнения и защиты бетонных конструкций и сооружений нашли эластомерные материалы, способные набухать в воде за счёт содержания различных водонабухающих компонентов.

Цель работы заключалась в создании водонабухающих эластомерных композитов (ВЭК) на основе каучуков общего назначения.

Разрабатываемые материалы должны иметь высокие показатели степени набухания при сохранении норм упруго-прочностных показателей, а также низкую стоимость.

ВЭК представляют из себя многокомпонентную систему, которая включает полимерную основу – каучук, гидрофильную добавку на основе полиакриламида, наполнители, мягчители, целевые добавки. По сути, предлагаемые композиционные материалы являются резинотехническими изделиями. Сначала на вальцах или резиносмесителе готовится резиновая смесь из вышеуказанных компонентов, далее резиновая смесь подвергается вулканизации [1]. Материалы выпускаются в виде формовых (набухающие пробки) и неформовых резинотехнических изделий (набухающие профили и шнуры).

Традиционно в производстве гидроизоляционных эластомерных материалов используются СКЭПТ каучуки и бутилкаучуки. Нами предложено использовать более доступные бутадиен-

стирольные каучуки эмульсионной полимеризации (СКС) и регенераты, которые имеют лучшие технологические свойства и меньшую стоимость.

Известно, что в подобных материалах при использовании полиакриламида очень трудно обеспечить его равномерное распределение. Кроме того, полиакриламид обычно выкристаллизовывается на поверхность материала. Предлагаемые нами технологические приёмы, позволяют исключить рассмотренные выше недостатки: предварительно изготавливается паста на основе полиакриламида и модифицирующей добавки, которая вводится в резиновую смесь дробно в два этапа.

При создании водонабухающих материалов важно обеспечить сохранение целостности уплотнителя во время всего срока эксплуатации. Одним из технологических приемов является вулканизация. Однако, следует учитывать, что сшивание способствует снижению способности к набуханию эластомерной композиции, поэтому были подобраны «мягкие» режимы вулканизации [2].

Проведены исследования влияния дозировки полиакриламида на сорбционные свойства водонабухающих композитов. Дозировку полиакриламида варьировали от 50 до 80 мас.ч. на 100 мас.ч. каучука. Набухание образцов в воде оценивали по увеличению их массы в течение 672ч (4 недели), что обусловлено требованиями нормативно-технической документации к разрабатываемым уплотнителям строительного назначения.

Результаты исследований неформовых ВЭК, полученных вулканизацией без давления в термостате, представлены на рисунке 1.

Из полученных данных видно, что с увеличением дозировки полиакриламида увеличивается и степень набухания; максимальная степень набухания 510 % достигается при дозировке 80 мас.ч. полиакриламида. Наиболее интенсивное набухание композиций происходит за первые 20-40 часов и может составлять более 200 %. Все образцы сохраняли необходимые упруго-прочностные показатели в течение всего срока экспозиции в воде.

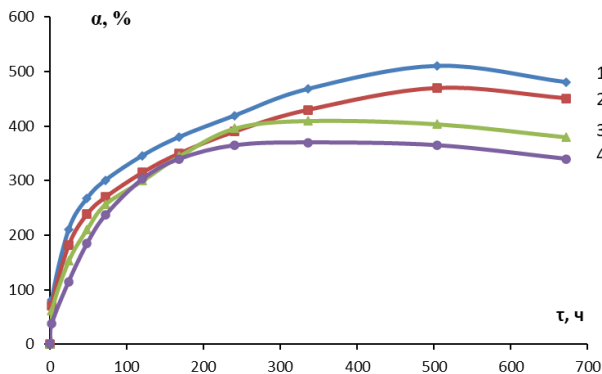
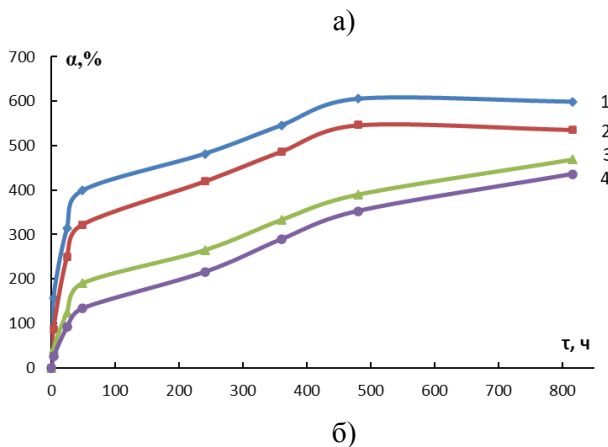


Рисунок 1 - Кинетика набухания ВЭК, полученных без давления с содержанием ПАА (мас.ч.): 1- 80, 2- 70, 3-60, 4-50.
Режим вулканизации: 120 °С, 30 мин.

На рисунках 2а и 2б представлены результаты кинетики набухания формовых водонабухающих эластомерных композитов, полученных вулканизацией в гидравлическом прессе под давлением 20 МПа.



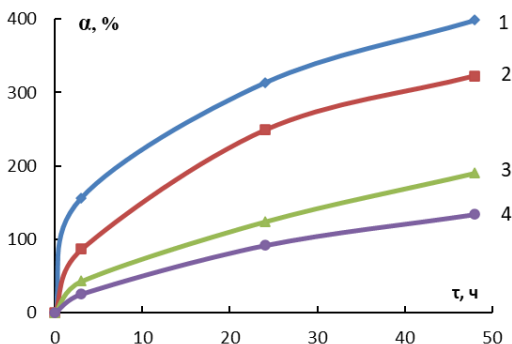


Рисунок 2 - Кинетика набухания ВЭК, полученных под давлением (а) и в течение первых 48 часов испытаний (б) с содержанием ПАА (мас. ч.): 1 - 80, 2 - 70, 3 - 60, 4 - 50. Режим вулканизации: 120 °С, 3 мин.

Таким образом предложены технологические приёмы получения водонабухающих эластомерных композитов с высокой степенью набухания до 600%.

Разработана технология, обеспечивающая равномерное распределение полиакриламида в полимерной матрице.

Предложена и экспериментально апробирована технология вулканизации ВЭК как под давлением, так и без давления для получения формовых и неформовых изделий с различными эксплуатационными свойствами, в зависимости от поставленной задачи.

Список литературы

1. Осошник И.А., Шутилин Ю.Ф., Карманова О.В., Серегин Д.Н. Сырье и рецептуростроение в производстве эластомеров: учеб. Пособие. - Воронеж. гос. технол. акад. Воронеж, 2009. 240 с.
2. Карманова О.В., Москалев А.С., Щеглова А.С. Исследование влияния режима вулканизации на свойства набухающих эластомерных композитов // В сборнике: Резиновая промышленность, сырье, материалы, технологии. Сборник трудов XXIV научно-практической конференции. 2019. С. 150-152.

УДК. 678.742.23

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КОМПРИМИРОВАНИЯ ЭТИЛЕНА НА ПРОИЗВОДСТВЕ ПЭВД

Зиле Е.А.

*ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет
им Д. И. Менделеева»,
г. Москва, Россия*

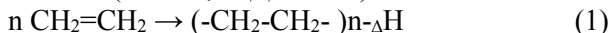
Аннотация. Предлагается замена поршневых компрессоров новым видом компрессоров с жидкостным кольцом. Для разделения газовой смеси и жидкости используется сепаратор. При расчете материальных балансов производства ПЭВД с установленными поршневыми компрессорами и компрессорами с жидкостным кольцом было рассчитано, что потери этилена сократились на 14% (1016,8 кг/ч до 868,17 кг/ч), что говорит о целесообразности замены поршневых компрессоров на новые. При расчете точки безубыточности проекта по введению новых компрессоров с жидкостным кольцом было выяснено, что затраты окупаются за 5 месяцев работы предприятия при объеме производства 35,11 тыс. т. в месяц.

Актуальность работы заключается в том, что потребление полимера показывает стабильность, в то время как технология производства остается прежней. С целью снижения цены на продукцию и потерь на производстве следует изучить технологию, выявить ее «тонкие» места и провести оптимизацию с заменой оборудования для получения наилучших показателей энергоресурсоэффективности. Объект исследования – технология производства полимера, предмет исследования – показатели энергоресурсоэффективности предприятия.

Полиэтилен высокого давления (ПЭВД) – это упругий полимер, который применяется для производства продукции промышленного и бытового назначения. К его свойствам можно отнести

нетоксичность, химическую пассивность, холодо- и термоустойчивость, а также газо- и влагонепроницаемость.

Основным методом производства ПЭВД на сегодняшний день является проведение реакции радикальной полимеризации в реакторе идеального вытеснения (РИВ) по уравнению (1). В качестве инициатора реакции в России используют кислород воздуха, в странах Европы используются органические пероксиды. Реакция является экзотермической ($\Delta H=96,4$ кДж/моль).



Как показано на рисунке 1, сначала этилен смешивается с кислородом воздуха и обратным этиленом низкого давления в смесителе 2, далее смесь поступает в компрессор первого каскада 3, затем смешивается с обратным этиленом высокого давления и поступает на второй компрессор 5. Затем готовая реакционная смесь поступает в трубчатый реактор (обычно используется тип труба в трубе), где происходит реакция полимеризации. На выходе из реактора расплавленная масса с остатками газа проходит в отделитель высокого 7 и низкого 8 давления, где отделяется непрореагировавший этилен. Готовый расплавленный ПЭВД поступает в гранулятор 9, где нарезается на гранулы, остужается и фасуется.

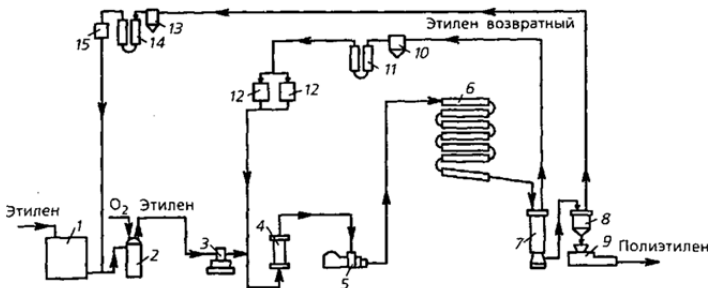


Рисунок 1 - Технологическая схема производства ПЭВД

- 1 – хранилище этилена, 2 – смеситель этилена низкого давления, 3 – компрессор первого каскада, 4 – смеситель этилена высокого давления, 5 – компрессор второго каскада, 6 – трубчатый реактор, 7 – отделитель высокого давления, 8 – отделитель низкого давления, 9 – гранулятор, 10,13 – циклоны, 11,14 – холодильники, 12,15 – фильтры

При составлении регулирующих документов ИТС НДТ 32-2017 (Россия) и BAT in the Production of Polymers 2007 (Евросоюз) большое внимание уделялось выбросам в атмосферу. Наибольший вклад в выбросы в атмосферу вносят летучие углеводороды, что говорит о том, что в данной технологии очень важна герметичность системы на этапе компримирования газовой смеси перед введением в реактор. Таким образом, этап компримирования – «тонкое» место технологии. В НДТ ограничения на выбросы летучих углеводородов составляют 5,1 кг [1] на тонну продукта, в то время как в BAT ограничения составляют 0,9 кг [2] на тонну продукта. Разница составляет 82%.

На российских предприятиях, в том числе на рассматриваемом ПАО «Казаньоргсинтез» для компримирования газовой смеси используются поршневые компрессоры. Они имеют множество недостатков, основные из них заключаются в том, что такие компрессоры могут загрязнять газовую смесь смазочными материалами, которые необходимы для эффективной работы поршня. Также они достаточно громоздки, издают много шума и вибрации. Относительно новых компрессоров они не столь герметичны.

Предлагаемая оптимизация технологии заключается в том, чтобы заменить поршневые компрессоры на компрессоры с жидкостным кольцом. К их главным преимуществам относятся: герметичность, отсутствие фрикционного контакта [3], высокая степень безопасности, отсутствие вибрации и шума, а также изотермический режим сжатия, что очень важно для сжатия взрывоопасной и горючей смеси.

Принцип действия компрессора с жидкостным кольцом следующий (см. рис. 2). Колесо с большим количеством лопастей 2 установлено в корпусе 1. При заполнении жидкостью лопастей и вращательном движении создается жидкостное кольцо 3. Из-за сжатия жидкость контактирует с рабочим колесом в точках 20 и 21, вследствие чего создается эффект поршня. При каждом вращении колеса жидкость сужается, создавая разреженное давление, из-за чего через впускное отверстие 5 поступает газ. В области впускного жидкостного кольца объем уменьшается, что приводит

к сжатию среды. По завершении сжатия газ выпускается через выпускное отверстие 7 в направляющей пластине 6, которая соединена с выпускным соплом.

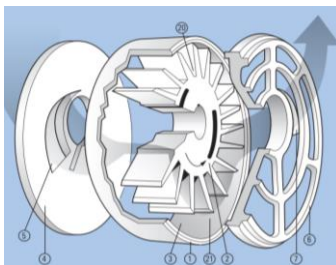


Рисунок 2 - Принцип действия компрессора с жидкостным кольцом

Трубопроводная система подключения компрессоров с жидкостным кольцом выглядит следующим образом (рис. 3).

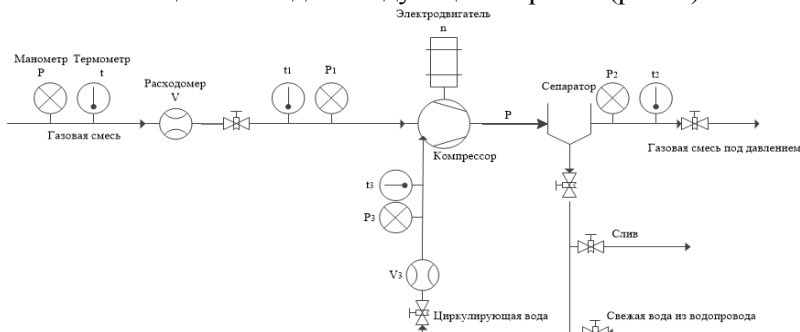


Рисунок 3 - Трубопроводная система подключения компрессора с жидкостным кольцом

Для компрессора нужно подключение воды, канализационный слив и вентили на входе и выходе из компрессора. Состав КИПиА: манометры, термометры, расходомеры. Для разделения газовой смеси и жидкости используется сепаратор, где фазы самостоятельно разделяются, так как растворимость этилена в воде крайне низкая.

Был проведен расчет материального баланса производства ПЭВД с установленными поршневыми компрессорами и компрессорами с жидкостным кольцом. При оптимизации системы потери этилена сократились на 14% (1016,8 кг/ч до 868,17 кг/ч) (см. табл. 1), что говорит о целесообразности замены поршневых компрессоров на новые.

Таблица 1 – расчет материальных балансов

	Кг/ч (до введения новых компрессоров)	Кг/ч (после введения новых компрессоров)	Разница, %
Приход			
Этилен	19659,46	19511,50	-0,75
Инертные примеси	19,68	19,53	-0,76
Кислород	4,1	3,8	-7,31
Всего	19683,24	19534,83	-0,75
Расход			
ПЭВД	18666,66	18666,66	0
Потери	1016,58	868,17	-14,59
Всего	19683,24	19534,83	-0,75

При расчете точки безубыточности (см. рис. 4) проекта по введению новых компрессоров с жидкостным кольцом было рассчитано, что затраты окупаются за 5 месяцев работы предприятия при объеме производства 35,11 тыс. т. в месяц.

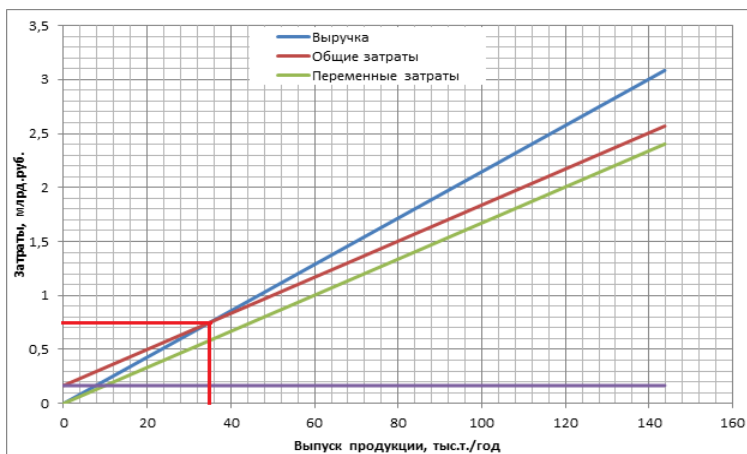


Рисунок 4 - Точка безубыточности проекта

Подводя итоги, можно заключить, что слабым местом технологии производства ПЭВД является этап компримирования газовой смеси, вследствие чего теряется большое количество этилена. Предложена мера по замене поршневых компрессоров на компрессоры с жидкостным кольцом. Внедрение новых компрессоров позволит уменьшить потери этилена на 15%, потребление сырья на 0,75%. При расчете точки безубыточности было выявлено, что капитальные затраты на ввод компрессоров с жидкостным кольцом окупятся за 5 месяцев работы при критическом объеме продаж 35,11 тыс. т, что соответствует 0,75 млрд. руб.

Список литературы

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 32-2017 «Производство полимеров в том числе биоразлагаемых» [Электронный ресурс]. URL : <http://docs.cntd.ru/document/556173707> (дата обращения: 13.01.2021)

2. Reference Document on Best Available Techniques in the Production of Polymers 2007 [Электронный ресурс]. URL : https://www.academia.edu/9362493/Reference_Document_on_Best_Available_Techniques_in_the_Production_of_Polymers (дата обращения: 13.01.2021)

3. SIHI ® Liquid Ring Compressors [Электронный ресурс]. URL : <https://docviewer.yandex.ru/view/656194824/> (дата обращения: 13.01.2021)

УДК 57.084.2

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МНОГОСЕКЦИОННЫЙ МОДУЛЬНЫЙ ИНЖЕНЕРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЙ ПОВЕРХНОСТНЫЙ БИОУТИЛИЗАТОР ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДОЕМОВ

Авдеенкова Т.С., Матасов А.В., Макарова А.С.

*ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический
университет имени Д. И. Менделеева»,
г. Москва, Россия*

Аннотация. Плавающие растительные инженерные сооружения представляют собой эффективные и устойчивые конструкции для очистки сточных вод, включая сельскохозяйственные, ливневые, промышленные стоки и др. Конструкция устроена следующим образом: в гидропонные горшки помещают водное растение с наполнителем в виде кокосового волокна (или его аналога). Кокосовое волокно должно быть приподнято на дне гидропонного горшка, чтобы предотвратить контакт с корнями, чтобы впоследствии сохранить целостность всего растения. Установлено, что на величину эффективности очистки биоинженерной конструкции оказывают влияние глубина водоема, сезонность и температура, виды растений, способ посадки и аэрация. У микроорганизмов в ходе исследования при использовании аэрации удаление нитратов и нитритов было увеличено с 2% до 34%. Установлено, что открытые корни в большей степени поглощают загрязняющие вещества, чем закрытая корневая система. Отмечено, что сезонность, глубина водоема, способ посадки и аэрация оказывают влияние на развитие растений и, соответственно, на эффективность очистки.

Плавающие растительные инженерные сооружения представляют собой эффективные и устойчивые конструкции для очистки сточных вод. Они широко применяются для очистки различных видов загрязненных стоков, включая сельскохозяйствен-

ные, ливневые, промышленные стоки и др. В плавучих биоутилизаторах растения выращивают на матах-платформах, а их корни простираются до загрязненного слоя, действуя как биологические фильтры. Питательные вещества и потенциально токсичные металлы и элементы поглощаются растениями из сточных вод через их корни, тогда как органическое вещество разлагается микроорганизмами, образуя биопленки на корнях и поверхности мата. Кроме того, органические загрязнители, которые уже поглощены растениями, разлагаются эндофитными бактериями *in planta*. В этой статье представлен обзор растительных биоутилизаторов и их применение для очистки сточных вод. Также описаны ключевые факторы, которые влияют на производительность очистки.

Принцип очистки инженерной конструкции основан на механизме фиторемедиации. Данные приспособления известны давно и используются повсеместно. Первое полное описание механизма очистки загрязненных вод было дано Расселом в 1942 году, который использовал термин «флотант» и описал формирование корневых матов из макрофитов. Позже Ван Дузер составил библиографию по механизму фиторемедиации и растительным сооружениям, используя почти 1800 литературных источников на 20 языках и описал их важные особенности, схему развития, плавучесть, экологические характеристики и качество воды [1, 2]. Растительные маты состоят из высших водных растений, имеющих высокую толерантность к неблагоприятным внешним условиям. В естественных природных условиях данные растения занимают экологические ниши, связанные с гидрологическими, биологическими и биохимическими процессами [3]. Загрязнение вод урбанизированных территорий говорит о необходимости применения водоочистных систем. Для таких целей предлагается использование биологического инженерного сооружения с высшей водной растительностью. Процесс очистки происходит за счет естественной способности ряда живых организмов и растений поглощать, разлагать и перерабатывать загрязняющие вещества.

В последние годы для очистки загрязнённых вод используются различные варианты биоутилизаторов. Тип инженерной конструкции зависит от вида водоема и загрязняющих веществ. Это

может быть как полноценный комплекс растительных сооружений, так и единичные плавающие острова или гидропонные корневые маты, в которых корни растений свободно простираются вплоть до пелагиальной зоны водоема (рис.1). Система очистки имеет сходства с внутренней очисткой прудов и водно-болотных угодий, где устанавливается гидравлический градиент между корневой зоной и дном водоема, а загрязняющие вещества улавливаются, фильтруются и разлагаются в результате комбинированного действия корней и связанных с ними микробными сообществами. Коммерческое применение растительных биоутилизаторов впервые отмечено для восстановления эвтрофных озер Германии и рек в Японии [4]. В настоящее время растительные конструкции используются для очистки гипертрофированных водоемов, бытовых сточных вод, аммонифицированных стоков, загрязненных подземных вод, ливневых канализационных стоков, кислых шахтных вод, сельскохозяйственных и животноводческих сточных вод, и прочих стоков.

В биоутилизаторах корни высших водных растений контактируют с водной средой, образуя естественную биопленку, что способствует очищению водной среды. При применении углеродсодержащих волокнистых материалов с высшими водными растениями они образуют большую площадь биопленки, так как при контакте с водой волокна распускаются. Таким образом, формируется благоприятная среда для аэробных и анаэробных микроорганизмов. Поэтому в качестве вспомогательного средства, для увеличения ризосферного эффекта и влияния микробного сообщества, используются углеродные волокна (рис.1).

Конструкция устроена следующим образом: в гидропонные горшки помещают водное растение с наполнителем в виде кокосового волокна (или его аналога). Кокосовое волокно должно быть приподнято на дне гидропонного горшка, чтобы предотвратить контакт с корнями, чтобы впоследствии сохранить целостность всего растения. Плавающая конструкция представляет собой соединенные трубы в диаметре от 3-5 см из поливинилхлорида (ПВХ) размером 1 м на 1 м. Пластмассовая сеть связывает конструкцию

труб. Предварительно следует в сети вырезать отверстия для держателей гидропонных горшков и соединить их с нитью с помощью строительных стяжек (рис. 2).

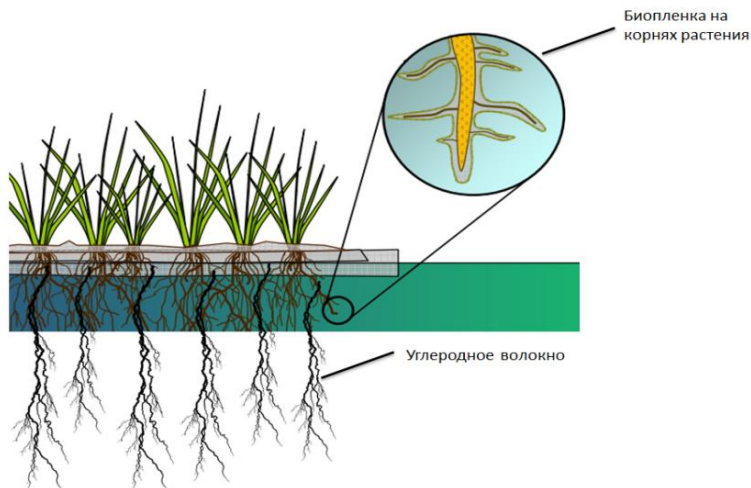


Рисунок 1 - Схема конструкции с углеродным волокном

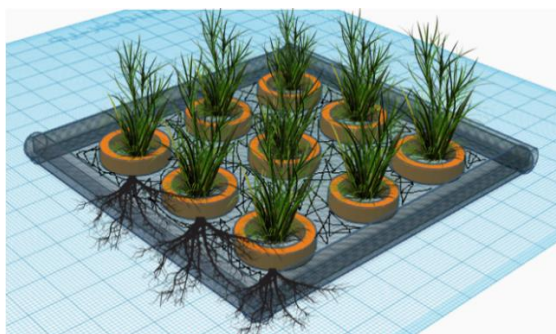


Рисунок 2 - Схема конструкции биоплато с трубами ПВХ, гидропонными горшками и растениями, с пластмассовой сетью

Данная конструкция может быть применена для различных водных объектов. Также с помощью якорного крепления можно закрепить конструкцию около берега, таким образом, ее можно

применить на водных объектах, где присутствуют течения. В качестве методов крепления можно использовать подвесные крепления, комбинированные системы совмещающие, как подвесные крепления, так и крепления с донными рамами и якорными сваями.

В ходе лабораторных исследований было выяснено, что на величину эффективности очистки биоинженерной конструкции оказывают влияние следующие факторы: глубина водоема, сезонность и температура, виды растений, способ посадки и аэрация.

Увеличение глубины в значительной мере повышает и эффективность очистки. Для развития корней требуется не менее метра глубины. Также, небольшая глубина до 1 метра подходит для очистки от мелких и взвешенных частиц, а большая глубина от 1 метра до 5 для очистки от грубых взвешенных частиц. Также, исследования показали, что основным из лимитирующих факторов являются время года и температура. Так, прирост растений в два раза больше весной, чем осенью (рис. 3).

На эффективность очистки влияет процесс аэрирования, благодаря которому создаются аэробные микрозоны, которые стимулируют образование биопленки в субстрате. Данный процесс способствует удалению аммония и нитратов с помощью аэробного окисления. У микроорганизмов в ходе исследования при использовании аэрации удаление нитратов и нитритов было увеличено с 2% до 34% [5]. Также на эффективность влияет способ посадки, открытые корни в большей степени поглощают загрязняющие вещества, чем закрытая корневая система, что было доказано в опытах на кадмии (рис. 4.).

Таким образом, было отмечено, что сезонность, глубина водоема, способ посадки и аэрация оказывают влияние на развитие растений и, соответственно, на эффективность очистки.

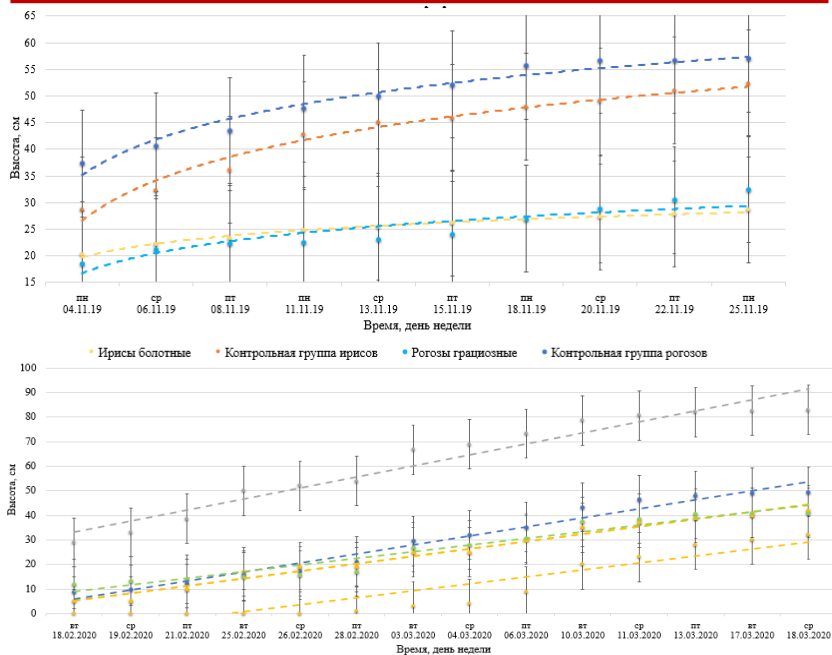


Рисунок 3 - Сравнение высоты контрольной и рабочей групп растений на протяжении эксперимента (весна-осень)

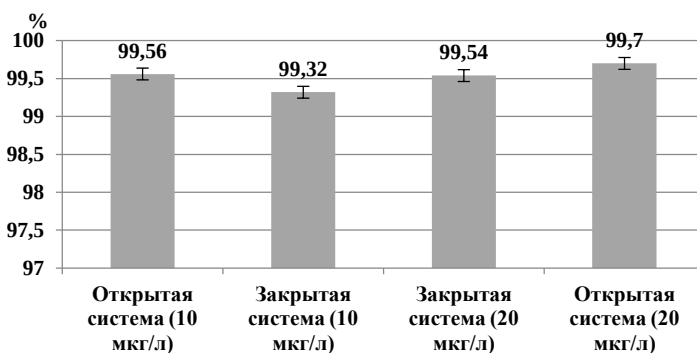


Рисунок 4 - Степень поглощения открытой и закрытой корневых систем в присутствии избытка кадмия

Данное исследование финансируется РФФИ по исследовательскому проекту № 18-29-25068.

Список литературы

1. Lou Z., Zhao Y., Chai X., Yuan T., Song Y., Niu D. Landfill refuse stabilization process characterized by nutrient change. *Environmental Engineering Science*. – 2009. – V.26, №11. – P. 1655-1660.
2. Lombnis, Peder & Singh, Bal. Varietal tolerance to Zinc deficiency in wheat and barley grown in chelatorbuffered nutrient solution and its effect on uptake of Cu, Fe, and Mn. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. – 2003.
3. Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М. Физиологические основы устойчивости растений к тяжелым металлам. Издательство Карельского научного центра РАН. – 2011.
4. Мартынячев А.В. Фитоэкстракция как способ фиторемедиации почв сельскохозяйственного назначения // Вестник НГИЭИ. – 2013, №4 (23).
5. Ваганова, Е.С., Давыдова, О.А. Физико-химические аспекты самоочищения малых рек от тяжёлых металлов (на примере Ульяновской области) // Вода: Химия и Экология. – 2012, № 3. – С. 21–26.

УДК. 672.07

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОРЕМЕДИАЦИОННЫХ ГИБРИДНЫХ
ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И
КЛЕТОЧНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ,
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И
ВОСТАНОВЛЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ**

Пищяева К.В., Матасов А.В.

*ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический
университет имени Д. И. Менделеева»,
г. Москва, Россия*

Аннотация. Одним из путей решения проблемы загрязнения и нерационального использования земельных ресурсов является рекультивация загрязненных земель. Для очистки верхних слоев загрязненных почв используют технологию фиторемедиации, то есть восстановление окружающей среды при помощи растений. При проведении полевых испытаний по 13 видам показателей элементов почвогрунтов, включая поллютанты и подвижные соединения питательных веществ (хлориды, Cu, Zn, Ni, Cd, нефтепродукты, бенз(а)пирен, Ка и т.д.) за один вегетативный сезон удалось добиться значительного снижения уровня загрязнений и балансировки концентраций в почве. Данный препарат показал хорошую эффективность при применении химических реагентов для зимнего содержания дорог. «Почвовит» позволяет на 65-75% снизить количество вносимых в почву органо-минеральных удобрений за счёт более полного усвоения растениями содержащихся в почве элементов. Отличием препарата от других аналогов является, что он решает задачи активного формирования растительно-микробной симбиотической системы.

Активное развитие крупных городов и промышленности ро-
сту объема отходов, что ведет к загрязнению и нерациональному

использованию земельных ресурсов. Данная проблема представляет серьезную опасность для здоровья людей и несет пагубное воздействие на различные экосистемы [1].

Одним из этапов решения проблемы является рекультивация загрязненных земель. Неизбежно возникает потребность в рекультивации, для возвращения земель в пригодное для эксплуатации состояние.

Для очистки верхних слоев загрязненных почв используют технологию фиторемедиации, то есть восстановление окружающей среды при помощи растений. Этот способ рекультивации вызывает большую заинтересованность во всем мире.

Использование фиторемедиации является перспективным решением вопроса для возвращения земель в рациональное хозяйственное пользование.

Для нейтрализации фитопатологического воздействия нарушенных почв и профилактики болезней растений предлагается использовать препараты, которые могут быть использованы в фиторемедиации для обеспечения здоровья и безопасности окружающей среды, что значительно повысит стабильность роста растений [2].

Препарат нового поколения «Почвовит» обеспечивает значительное увеличение устойчивости растений к различным формам экологического угнетения, всхожести и выживаемости на урбанизированных территориях и уменьшение расхода используемых минеральных удобрений.

«Почвовит» запатентованный биопрепарат на основе соединений гиберелленовых и органических кислот. Он является мощным ускорителем и регулятором биохимических реакций клеточного роста растений, а также стимулятором активного биодеструктивного метаболизма для переработки загрязнений аборигенных микроорганизмов (рис. 1).



ПОЧВОВИТ

Рисунок 1 - Номер товарного знака препарата «Почвовит»

Для подтверждения данных свойств препарата были проведены полевые испытания. Были выбраны участки: контрольный и экспериментальный, размером по 150 м² на территории Бирюлевского дендропарка (ЮАО г. Москва). Измерения содержания поллютантов в почвенных образцах проводились на базе двух аналитических центров: «Испытательного центра факультета почвоведения» ФГОУ ВО «Московский Государственный университет им. М.В. Ломоносова»; Лаборатории «Аналитическая инспекция» ГПБУ «Мосэкомониторинг».

По 13 видам показателей элементов почвогрунтов, включая поллютанты и подвижные соединения питательных веществ (Р₂О₅, К₂О, хлориды, Cu, Zn, Ni, Cd, нефтепродукты, бенз(а)пирен, Ка, Na, Са, Mg) за один вегетативный сезон удалось добиться значительного снижения уровня загрязнений и балансировки концентраций в почве.

Также были проведены лабораторные эксперименты весной 2020 года на базе РХТУ имени Д. И. Менделеева. «Почвовит» оказал положительное воздействие на рост, устойчивость к стрессам

растений семейств Злаки и Капустные. Данные почвы содержали различные тяжелые металлы, которые превышают предельно-допустимую концентрацию в несколько раз.



Рисунок 2 - Проведение эксперимента

По результатам экспериментов растения были более устойчивы, по сравнению с контрольными образцами. Таким образом, подтвердился широкий спектр действия препарата в отношении различных видов загрязнителей и степени загрязнения почв [3].

Данный препарат также показал хорошую эффективность при применении химических реагентов для зимнего содержания дорог [4]. Данные реагенты несут неизбежные экологические последствия, связанными с попаданием в окружающую среду большого количества химических веществ, в основном натрия и хлоридов. Основное негативное воздействие заключается в засолении городской почвы. Засоление влияет на её свойства, делая непригодной для жизни растений и почвенных микроорганизмов.

«Почвовит» позволяет на 65-75% снизить количество вносимых в почву органо-минеральных удобрений за счёт более полного усвоения растениями содержащихся в почве элементов. Основ-

ными потребителями разрабатываемого препарата могут выступать жилищно-коммунальное хозяйство, службы безопасности дорожного движения, сельхозугодья. Отличием препарата от других аналогов является, что он решает задачи активного формирования растительно-микробной симбиотической системы.

Многогранность действия гибридного препарата «Почво-вит» позволяет добиться полного восстановления почв. Стоимость работ в 8-10 раз ниже классических методов рекультивации, что является очень важным преимуществом продукта для широкой коммерциализации в промышленных масштабах. Данный препарат является перспективной разработкой для использования в фиторемедиации загрязненных почв поллютантами.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18–29–25071.

Список литературы

1. Guedes P., Lopes, V., Couto N., Mateus E.P., Pereira C.S., Ribeiro A.B., 2019. Electrokinetic remediation of contaminants of emergent concern in clay soil: effect of operating parameters. Environ. Pollut. 253, 625–635. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.07.040>.
2. Винаров А.Ю., Челноков В.В., Дирина Е.Н. Агрохимия: биодобавки для роста растений и рекультивации почв: учеб. пособие для бакалавриата и магистратуры. – 2-е изд., пер. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – 149 с.
3. Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М., Лайдинен Г.Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам; под ред. Н.Н. Немова. – Петрозаводск: Институт биологии КарНЦ РАН, 2007. – 172 с.
4. Chelnokov V., Matasov A., Glushko A., Pishchaeva K., Ivanova A. Environmental impact assessment of year-round waste // In 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019 – Vol. 19 – 2019 – pp. 163-170.

УДК. 544.452.5

МЕТОД УЛУЧШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГОРЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

*Макаренков Д.А., Челноков А.В.,
Михайлин С.В., Раткин И.М.*

*ФГУП ИРЕА НИЦ «Курчатовский институт»
ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет
имени Д. И. Менделеева»,
г. Москва, Россия*

Аннотация. Представлен метод повышения эффективности сжигания топлива, основанный на активации компонентов возбуждающим действием электромагнитного поля. Метод направлен на повышение устойчивости пламени и снижение токсичности выбросов. Рассмотрены механизмы химической кинетики и физико-химические процессы, происходящие в пламени активированных компонентов. Выявлены эффекты воздействия электромагнитного поля на топливо, окислитель, факел пламени. Представлено обоснование имитационной модели и схема лабораторного стенда.

Сжигание углеводородных топлив с воздухом всегда сопровождается неполным сгоранием. Химическая реакция горения как в стехиометрической смеси, так и в смеси с избытком воздуха не происходит до конца. Кроме того, при изменении мощности от номинальной эффективность падает, а пламя становится менее устойчивым. Для повышения эффективности сжигания топлива разработано решение, в котором реализуются эффекты топливовоздушной активации и электростатического управления

Топливозвоздушная активация заключается в предварительной обработке топлива и окислителя перед подачей в камеру сгорания. Активация воздуха и газообразного топлива может быть выполнена барьерным высокочастотным разрядом, коронным раз-

рядом, СВЧ резонансным возбуждением. Магнитная изоляция может использоваться для предотвращения преждевременной рекомбинации ионов

Активация приводит к ряду эффектов, таких как: ионизация молекул, образование озона, образование радикалов. Энергетически активация представляет собой возбуждение молекул, нарушающее равновесное термодинамическое распределение. Введение активированных частиц увеличивает скорость реакции с участием активированных частиц на величину до 10^9 раз. Фактически, химическая реакция с учетом таких частиц происходит мгновенно.

Сжигание углеводородного топлива представляет собой сложный процесс, при котором образуется большое разнообразие промежуточных продуктов. При сжигании метана в ходе окисления исходного углеводорода до воды и углекислоты происходят десятки промежуточных химических реакций с образованием промежуточных продуктов и радикалов. Введение активированных молекул инициирует новые реакции.

Окисление углеводородов представляет собой цепную реакцию с вырожденным разветвлением. Самый большой уровень активации имеет процесс образования первичного радикала, т. е. инициирование цепи. Число инициированных реакций на этапе цепного процесса может достигать 10^5 от одного активного центра. В реакции окисления углеводородов активным центром выступает активный радикал. Инициирование цепной реакции ионом или свободным радикалом происходит при температуре на 150-200 град ниже температуры обычного термического процесса. Уменьшение размеров камер сгорания позволяет повысить теплонапряженность, но близкое расположение теплоотводящих стенок камеры снижает температуру пламени и отрицательно влияет на полноту сгорания. Введение в камеру сгорания активных центров позволяет понизить температуру пламени без потери устойчивости.

Наличие электрического поля в пламени позволяет снизить энергию активации. В частности, в цепочке образования радикалов OH , HO_2 происходит обмен электроном. Получая необходимую энергию от внешнего поля, электрон многократно участвует в образовании радикалов. Ионы и электроны, созданные в пламени,

ускоряясь в электрическом поле, в процессе неупругих ударов с другими частицами способны создавать новые активные центры

На рисунке 1 качественно показаны типовые границы устойчивости кинетического пламени в зависимости от коэффициента избытка воздуха и скорости топливоздушного потока на выходе из горелки.

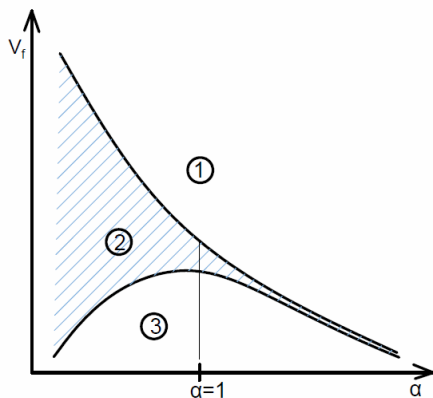


Рисунок 1 - Границы устойчивости пламени в зависимости от коэффициента избытка воздуха и скорости топливоздушного потока на выходе из горелки. v_f – скорость потока, α – степень аэрации смеси.

Область 1 над верхней кривой – зона отрыва пламени; зона 2 – зона устойчивого горения; зона 3 под нижней кривой – зона затягивания пламени в горелку. Устойчивый факел в широком диапазоне скоростей наблюдается при малом количестве воздуха в смеси ($\alpha < 1$). Однако такое горение из кинетического становится диффузионным. При $\alpha > 1$, когда диффузионное горение отсутствует, пламя устойчиво в очень узком диапазоне изменения скорости истечения газозадушного потока. Коронный разряд производит активацию топливозадушнoй смеси и создает электрическое поле в самом факеле пламени. Из-за увеличения скорости реакции кривая, ограничивающая область 1 поднимется выше. Отрыв пламени произойдет при гораздо больших скоростях. Затягивания пламени в горелку при этом не произойдет, поскольку активация смеси происходит после выхода смеси из устройства подачи топливозадушнoй смеси (горелки) в камеру.

В конструкции экспериментального стенда, представленного на Рисунке 2, созданы условия для протекания физико-химических процессов, повышающих эффективность горения. В таком

исполнении стенд реализует коронный разряд в магнитном поле и электростатическое воздействие на факел пламени. Получены данные о влиянии электромагнитных полей на эффективность горения.

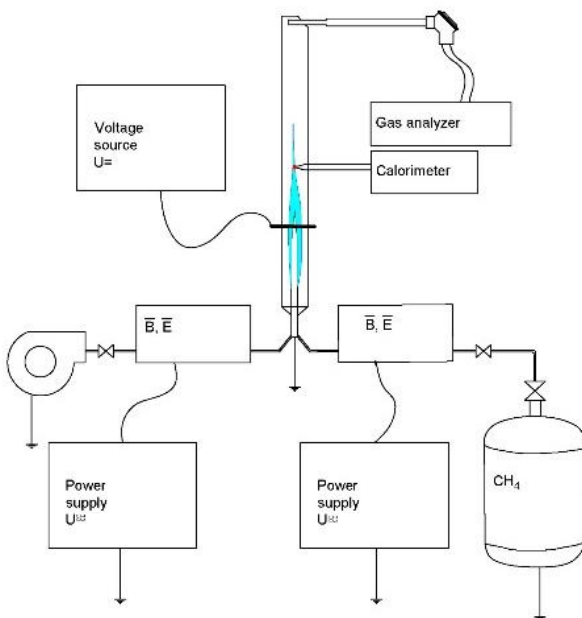


Рисунок 2 - Принципиальная схема экспериментального стенда, реализующего раздельную активацию топлива и окислителя и электростатическое воздействие на факел пламени.

По причине отсутствия единой аналитической теории активации горения создается имитационная модель, опирающаяся на экспериментальные данные лабораторного стенда. Представленная имитационная модель направлена на поиск оптимальных режимов работы активатора топлива и окислителя и на поиск оптимального электрического поля в пламени.

Остается открытым вопрос долговечности системы подачи топливовоздушной смеси после активации. Наличие озона, радикалов и ионов вызовет ускоренную деградацию практически любого материала.

Работа выполняется при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-29-24220 «Теоретические основы физико-химических процессов и разработки конструкций магнитно-электрических активаторов сжигания промышленных отходящих газов для генерации теплоты и повышения экологической безопасности продуктов горения».

Список литературы

1. Суворов Д. В. Влияние электрического поля в топке на теплотехнические характеристики котла // Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук, ФГБОУ «НГАСУ», Н. Новгород – 2017, 172 с.

2. Морозова И.В. Усовершенствование процессов в камере сгорания тепловых двигателей путем электрофизического воздействия на углеводородное топливо // Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук, Национальный авиационный университет, Киев – 2016, 159 с.

3. Арутюнов В.С., Крылов О.В. Окислительные превращения метана. – М., Наука, 1998. – 361 с

4. Andrey Starikovskiy. Plasma-assisted ignition and combustion // Progress in Energy and Combustion Science 39 (2013) p.61-110

5. Jamil Al Asfar 2-D numerical modeling of flame behavior under electric field effect Jamil Al Asfar, Shahnaz Alkhalil, Ahmad Sakhrieh, Hazem Al-Domeri // International Journal of Heat and Technology Vol. 36, No. 3, September, 2018, pp. 1101-1106

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦИКЛИЧЕСКИХ АДсорбЦИОННЫХ УСТАНОВОК

*Голубятников О.О., Акулинин Е.И.,
Дворецкий Д.С., Дворецкий С.И.*

*ФГБОУ ВО "Тамбовский государственный
технический университет",
г. Тамбов, Россия*

Аннотация. Разработан проблемно-ориентированный аппаратно-программный комплекс, предназначенный для исследования короткоцикловых процессов адсорбционного разделения и очистки многокомпонентных газовых смесей методами физического и математического моделирования, оптимизации технологических режимов и оптимального проектирования адсорбционных процессов и установок с циклически изменяющимся давлением (в условиях частичной неопределенности исходных данных) и подготовки исходных данных на проектирование промышленных образцов адсорбционных установок разделения газовых смесей методом короткоциклового адсорбции.

Проблема создания ресурсосберегающего технологического процесса и установки адсорбционного разделения газовой смеси методом короткоциклового безнагревной адсорбции (КБА) чрезвычайно сложная и трудноформализуемая, поскольку необходимо решать ряд взаимосвязанных задач.

1. Исследование процессов адсорбции-десорбции и транспорта адсорбированных молекул газа (адсорбата) внутри пористой структуры адсорбента, процессов перераспределения молекул между разными участками свободного объема пор и конденсации молекул; влияние структуры дисперсных материалов как на равновесные распределения молекул, так и на ход фазовых

превращений и динамические процессы, протекающие внутри пористых адсорбентов на лабораторном экспериментальном стенде и разномастных блочно-модульных пилотных и опытно-промышленных адсорбционных установках.

2. Определение (экспериментальным методом или расчетным путем) физических свойств газовых смесей (сжатого воздуха, синтез-газа), подлежащих разделению и очистке методом короткоцикловой безнагревной адсорбции (КБА); равновесных характеристик систем "многокомпонентная газовая смесь – адсорбент", эффективности разделения газовой смеси в зависимости от равновесных характеристик адсорбента по ее компонентам; адсорбционных, механических и аэродинамических свойств цеолитовых адсорбентов типов А,Х и других с целью их использования в установках адсорбционного разделения и очистки газовых смесей с циклически изменяющимся давлением.

3. Экспериментальные исследования: а) кинетики процессов адсорбции и десорбции компонентов газовой смеси на гранулированных цеолитах в адсорбционной ячейке слоем толщиной в одно зерно; определение кинетических характеристик, коэффициента диффузии компонентов газовых смесей при переносе в адсорбенте; б) динамики процессов адсорбции-десорбции при разделении газовых смесей методом КБА.

5. Математическое моделирование переходных процессов (динамики) и установившихся режимов функционирования (статики) циклических адсорбционных установок; исследование динамики равновесной и неравновесной изотермической адсорбции.

6. Масштабирование накопленных экспериментальных данных и выдача исходных данных на проектирование промышленных образцов адсорбционных установок для разделения газовых смесей методом КБА.

7. Оптимальное проектирование технологических процессов и адсорбционных установок разделения газовых смесей методом КБА в условиях частичной неопределенности исходных данных для проектирования.

Решение этих задач (в лабораторных и опытно-промышленных условиях) методами физического и математического моделирования позволяет осуществить масштабирование полученных

экспериментальных данных и подготовку исходных данных на проектирование промышленных образцов установок разделения газовых смесей методом КБА.

Проблема сокращения времени подготовки и повышения качества исходных данных на проектирование адсорбционных процессов и установок с циклически изменяющимся давлением для очистки и разделения газовых смесей может быть решена на основе создания гибкого аппаратно-программного комплекса и современных цифровых технологий [1,2].

Аппаратная часть комплекса включает лабораторные стенды для исследования изотерм адсорбции-десорбции компонентов разделяемых газовых смесей пористыми цеолитами и разномасштабные (пилотные и опытно-промышленные) автоматизированные блочно-модульные установки адсорбционного разделения газовых смесей методом КБА, включающие от 2 до 16 адсорберов, компрессор, вакуум - насосы, ресивер, регулирующие и отсечные клапаны, и функционирующие в режимах напорных, вакуум-напорных или вакуумных технологических схем. Блочно-модульные установки позволяют оперативно и с высокой точностью воспроизводить аппаратурное оформление альтернативных вариантов многоадсорберных технологий разделения газовой смеси методом КБА, обеспечить сбор требуемого количества экспериментальных данных (в соответствии с планом эксперимента), необходимых для определения параметров уравнений изотерм и кинетики циклических процессов адсорбции-десорбции, коэффициентов массоотдачи и диффузии в пористых цеолитовых адсорбентах для каждого адсорбируемого компонента газовой смеси, проверки адекватности математических моделей статики и динамики процессов адсорбционного разделения газовых смесей.

Программная часть комплекса включает информационные базы данных и знаний по физико-химическим свойствам разделяемых газовых смесей; адсорбционным, аэродинамическим и механическим свойствам композиционных сорбционно-активных материалов, CaLSX, LiLSX; изотермам адсорбции-десорбции; уравнениям кинетики и динамики; специальному математиче-

скому и алгоритмическому обеспечению решения задач идентификации параметров моделей (кинетики и динамики) по экспериментальным данным и математического моделирования; а также систему информационной поддержки при оптимизации режимов и проектировании (в условиях частичной неопределенности исходных данных) адсорбционных процессов и установок с циклически изменяющимся давлением с учетом себестоимости и степени извлечения целевого газа, заданной чистоты концентрируемого газа, производительности адсорбционной установки, ресурсосбережения гранулированного адсорбента [3].

Взаимодействие аппаратной и программной частей комплекса позволяет в сравнительно короткие сроки провести требуемые экспериментальные исследования и подготовить исходные данные для проектирования производства высококонцентрированных газов методом КБА, разработать принципиальную технологическую схему и опытно-промышленный регламент производства в соответствии с требованиями технического задания по качеству концентрируемых газов, технико-экономическим и экологическим показателям функционирования производства.

Эффективность применения разработанного аппаратно-программного комплекса подтверждена на примере подготовки исходных данных на проектирование промышленных образцов циклических адсорбционных установок для обогащения воздуха кислородом (от 40 до 90 об. % и выше), концентрирования водорода (99,97 об. %). Время подготовки исходных данных на проектирование сократилось в среднем в 1,8 раза (по сравнению с традиционным сроком ~3-3,5 года выдачи исходных данных на проектирование химических производств).

Список литературы

1. Shafeeyan M.S., Ahmad W.M. A review of mathematical modelling of fixed-bed columns for carbon dioxide adsorption, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia. - 2013 - 96 p.
2. Biswas P., Biswas P., Agrawal S., Sinha S. Modeling and simulation for pressure swing adsorption system for hydrogen purification // Chem Biochem Eng Q – 2010. - 24 (4). P. 409-414.

3. Akulinin E., Akulinin O. Golubyatnikov D., Dvoretzky S., The Optimal Design of Pressure Swing Adsorption Process of Air Oxygen Enrichment under Uncertainty/E // Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mathematical Modelling, Programming & Computer Software (Bulletin SUSU MMCS), 2020, vol. 13, no. 2, P. 5–16.

УДК 620 (075.8)

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Давыденко А.А., Синякова И.К.

*Национальный исследовательский технологический университет
«МИСиС»,
г. Москва, Россия*

Аннотация. Солнечная энергия может быть преобразована в электроэнергию и полезное тепло при помощи гибридных установок, которые позволяют при использовании минимальной площади получить наилучший результат. Одной из основных задач при проектировании солнечных энергоустановок является выбор их оптимальных параметров для экономически обоснованной выработки электрической энергии. Необходимо учитывать и характер изменения солнечного излучения на рассматриваемой территории в течение всего года, и влияние атмосферных явлений.

Солнечная энергетика как альтернативный возобновляемый энергоресурс в настоящее время развивается быстрыми темпами.

Актуальность обусловлена Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года № 642

В ближайшие 10-15 лет приоритетами научно-технологического развития Российской Федерации следует считать те направления, которые позволят получить научные и научно-технические

результаты и создать технологии, являющиеся основой инновационного развития внутреннего рынка продуктов и услуг, устойчивого положения России на внешнем рынке, и обеспечат переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии

Завышение необходимой мощности фотоэлектрических панелей приводит к росту затрат на монтаж, установку и обслуживание системы. Не внося изменений в конструкцию и комплектацию проектируемой солнечной энергоустановки повысить её эффективность можно путем определения оптимального размещения фотоэлектрических панелей относительно горизонта.

Фотоэлектрические панели производят электричество постоянного тока. Инвертор преобразует эту энергию в переменное электричество на уровне сетевого напряжения (например, 230 В). В случае систем с сетевым соединением производится подключение к внешней электрической сети. Панели соединяются между собой специальными кабелями и интегрируются в конструкцию(рис.1).

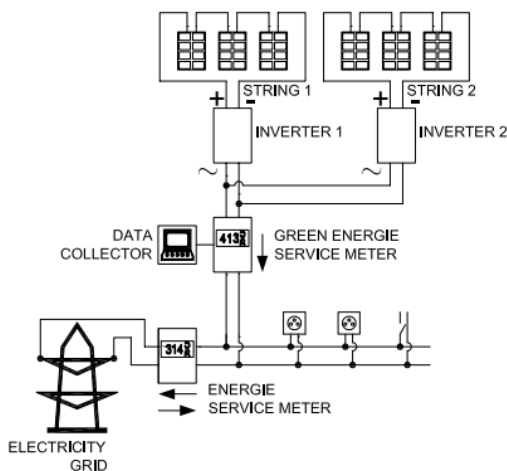


Рисунок 1 – Конструкция из панелей

Для оптимального годового выхода фотоэлектрических панелей важно, чтобы на них отбрасывалось как можно меньше тени. Тени могут быть отброшены элементами на самом здании, такими как свес, дымоход и т.д., или соседним зданием, деревьями или другими элементами в непосредственной близости. Конечно, в случае монокристаллических ячеек тень губительна для выхода этой панели, а также для всей струны (связанных панелей), частью которой является эта панель (рис.2).

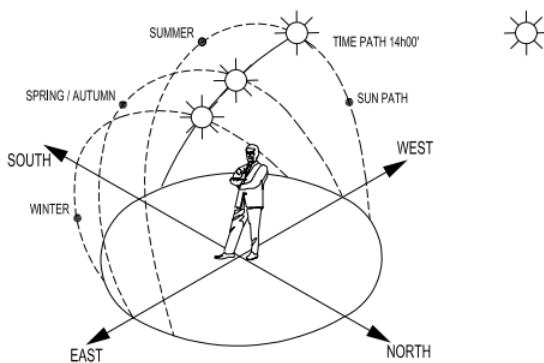


Рисунок 2 – Схема расположения теней

Представленная конструкция (рис.3) с использованием фотоэлектрических панелей позволяет минимизировать человеческий фактор в процессе выращивания сельскохозяйственных культур и снизить трудозатраты. Такая конструкция не только позволяет сократить площадь, занимаемую системой солнечной генерации энергии, но и повышает эффективность работы и долговечность системы

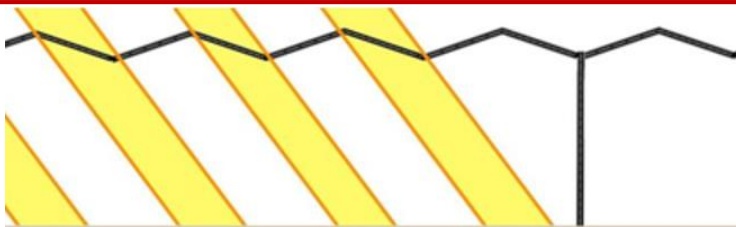


Рисунок 3 –Конструкция тип Venlo

Применение в качестве источника энергоснабжения для подобной конструкции возобновляемых источников энергии позволяет снизить нагрузку на окружающую среду и уменьшить потребление традиционных ресурсов.

В России возобновляемая энергетика поддерживается АО «АТС» через квоты, выделяемые на строительство данных объектов. Согласно данным, представленным на официальном сайте администратора торговой системы до 2023 года должно быть введено 1,8 ГВт солнечных станций.

Причинами такого бурного развития отрасли связано с доступностью солнечных модулей для частного сектора, повышением КПД установок, развитием и внедрением инновационных технологий в производство панелей.

В таблице приведены значения угла тени для различных европейских столиц в зависимости от ориентации фасада и сезонов года.

На рынке представлено множество брендов фотоэлектрических устройств, в том числе китайский Ben Q. Для фотоэлектрических панелей не требуется специального обслуживания и срок эксплуатации достигает 30 лет. Регулярное обслуживание требуют только электронные компоненты и инверторы.

Фотоэлектрическую панель можно использовать в горных районах. Урожайность также снижается с увеличением температуры окружающей среды: при 10 С потеря «блока» составляет 4%.

Таблица - Угол тени для различных европейских столиц

		SHADOW ANGLES SUMMER													
		EAST FACADE				SOUTH FACADE				WEST FACADE					
	Lat. N	Long. E	8h00'	9h00'	10h00'	12h00'	10h00'	12h00'	14h00'	16h00'	14h00'	15h00'	17h00'	19h00'	
HELSINKI	60.2°	24.9°	18.3°	32.6°	53.4°	83.7°	57.8°	53.4°	55.3°	66.6°	63.4°	50.1°	30.4°		
MOSCOW	55.0°	35.0°	14.3°	30.2°	50.7°	78.9°	64.6°	58.8°	59.7°	68.8°	69.5°	55.5°	33.6°	17.2°	
BRUSSELS	50.8°	4.3°	12.3°	29.7°	51.0°	78.6°	69.1°	63.0°	63.8°	72.6°	70.9°	57.0°	34.4°	16.4°	
BERN	46.9°	7.5°	12.7°	31.8°	54.3°	82.1°	71.9°	66.7°	68.2°	78.3°	68.4°	55.0°	32.3°	13.2°	
ROME	41.9°	12.5°	14.2°	35.2°	59.3°	87.2°	75.4°	71.6°	74.1°	86.7°	64.4°	51.5°	28.6°	7.8°	
ATHENS	38.0°	23.8°	10.1°	32.3°	56.5°	83.8°	80.4°	75.6°	77.3°	88.0°	68.1°	54.9°	30.9°		

		SHADOW ANGLES SPRING / AUTUMN													
		EAST FACADE				SOUTH FACADE				WEST FACADE					
	Lat. N	Long. E	8h00'	9h00'	10h00'	12h00'	10h00'	12h00'	14h00'	16h00'	14h00'	15h00'	17h00'	19h00'	
HELSINKI	60.2°	24.9°		11.7°	33.2°	76.2°	29.5°	29.5°	29.5°	29.4°	49.1°	32.1°	11.1°		
MOSCOW	55.0°	35.0°			10.5°	32.5°	69.9°	34.7°	34.7°	34.6°	60.0°	41.0°	15.9°		
BRUSSELS	50.8°	4.3°			11.1°	34.4°	70.6°	38.9°	38.9°	38.8°	63.4°	44.6°	18.0°		
BERN	46.9°	7.5°			14.3°	38.7°	76.5°	42.8°	42.8°	42.7°	60.9°	43.4°	17.0°		
ROME	41.9°	12.5°			19.5°	47.3°	84.2°	47.8°	47.8°	47.8°	57.0°	40.7°	14.4°		
ATHENS	38.0°	23.8°			17.5°	45.1°	79.9°	51.7°	51.7°	51.6°	62.8°	46.2°	18.3°		

Учитывая то, что у нас много рассеянного света и температура почвы более равномерная, конструкция типа Venlo подходит для некоторых культур, таких как спаржа, малина. Фотоэлектрические панели размещаются на южной стороне, чтобы улавливать максимальное количество света, а северная сторона из прозрачного стекла обеспечивает поступление света внутри для выращивания культур. Чистое и устойчивое производство, которое идеально сочетается с зеленой энергией. В зависимости от времени года конструкция позволяет управлять максимальным открытием вентиляции конька, чтобы избежать отбрасывания теней на сторону, оборудованной солнечными батареями.

Преимущества конструкции с солнечными панелями:

- отсутствие вредного воздействия на окружающую среду;
- угол наклона крыши, который позволяет улавливать максимальное количество света;
- возможность использовать незанятую площадь для выращивания культур;
- быстрая окупаемость;
- низкая стоимость производства.

Одним из экономичных способов использования энергии солнца может быть применение фотоэлектрических панелей. При

такой схеме использования энергии солнца, в отличие от солнечных электростанций, в системе отсутствуют дорогостоящие элементы.

Список литературы.

1. Амерханов Р.А., Кириченко А.С., Донсков А.П., Муртазаева Ю.Л. Перспективы использования фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии для освещения теплиц в ночное время суток в климатических условиях Краснодарского края // Инновации в сельском хозяйстве. –2015. –№4(14). –С. 194-197.

2. Атлас ресурсов солнечной энергии на территории России / Попель О.С., Фрид С.Е., Коломиец Ю.Г., Киселева С.В., Терехова Е.Н., -М.: Изд-во МФТИ, 2010. -84 с.

3. Аронова Е.С., Шварц М.З. Солнечная электростанция // Патент России № 2395758. 2010. Бюл. № 21.

4. Амерханов Р.А., Бутузов В.А., Брянцева Е.В. и др. Перспективы развития возобновляемой энергетики при использовании комплексных гелиоустановок малой мощности // Труды КубГАУ. –Краснодар. –2010.– № 24. –С. 188-196.

УДК. 678.7

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТАДИИ ИОННОГО ОТЛОЖЕНИЯ
ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МАКАНЫХ ИЗДЕЛИЙ
ИЗ ГЕТЕРОПОЛИМЕРНОГО ИЗОПРЕН-НИТРИЛЬНОГО
ЛАТЕКСА**

Гринфельд Е.А.¹, Боголепова О.В.^{1,2}, Седых В.А.²

¹Воронежский филиал ФГУП «НИИСК» им. С.В. Лебедева,

*²ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет
инженерных технологий»,
г. Воронеж, Россия,*

Синтетические латексы (водные дисперсии каучуков) широко используются при получении тонкостенных резиновых изделий (как безосновных, так и на тканевой основе) методами прямого или коагулянтного макания.

Для получения средств защиты рук технического и медицинского назначения помимо натурального латекса применяются синтетические полихлоропреновые и бутадиен-нитрильные латексы [1, 2]. Отечественное производство полихлоропреновых латексов в настоящее время отсутствует; бутадиен-нитрильные латексы отдельными партиями производятся Воронежским филиалом ФГУП НИИСК.

Можно предположить, что замена бутадиена на изопрен в рецептах синтеза латекса позволит получить тонкостенные пленочные изделия с улучшенными физико-механическими показателями.

Поэтому в качестве объекта исследования был выбран гетерополимерный изопрен-нитрильный латекс (с морфологией частиц типа «ядро-оболочка») [3], полученный затравочной безэмульгаторной сополимеризацией изопрена и нитрила акриловой кислоты на высококарбоксилированных затравочных частицах на пилотной установке Воронежского филиала НИИСК (табл. 1)

Таблица 1 – Коллоидно-химические свойства латекса

Показатели	Значения
Массовая доля сухого вещества, %	43,2
Поверхностное натяжение, мН/м	40,9
pH	9,1
Размер частиц, нм	190,0
Дзета-потенциал, мВ	-51
Массовое соотношение ядро: оболочка	3:1

Наиболее важным свойством латексов при производстве тонкостенных резиновых изделий является их пленкообразующая способность, определяемая структурой и свойствами полимера [4]. Несмотря на то, что исследованию пленкообразования посвящено множество работ [5], до сих пор нет общепринятой точки зрения, определяющей специфику данного процесса. В силу появления новых типов дисперсий среди синтетических и искусственных латексов, и применения их в производстве технических и диагностических перчаток, к которым предъявляются определенные эксплуатационные требования по толщине и другим параметрам (ГОСТ Р 52239-2004, ГОСТ 20010-93), появилась необходимость продолжения изучения данной области. Поэтому целью работы явилось исследование пленкообразования новых типов латексов с применением метода ионного отложения.

Особый интерес представляет исследование влияния различных факторов на гелеобразование из латекса, так как физико-механические свойства сырого геля важны для предупреждения появления дефектов в процессе его усадки на стадии сушки.

В связи с этим оценивалось влияние концентрации латекса на параметры сырого геля и высушенных пленок с помощью методики определения эластичности сырого геля. Для этого подложки в виде специальных стеклянных ампул погружались в фиксатор (раствор CaCl_2 , загущенный каолином) и подсушивались, в течение 1,5 мин. Далее ампулы, покрытые фиксатором, погружались в латекс. Время ионного отложения составляло 90 с. После отложения геля ампулы извлекались, переворачивались, и подсушивались

на воздухе течение 1-1,5 мин. Затем отложившийся сырой гель снимался с ампул и промывался водой от остатков фиксатора.

Эластичность сырого геля оценивали по относительному удлинению (ГОСТ 12580-78) с помощью разрывной машины РМИ-5 со скоростью перемещения нижнего захвата 500 ± 50 мм/мин и шкалой замера относительного удлинения от 0 до 1600 %. Параллельно с измерением эластичности сырого геля определялась массовая доля сухого вещества геля (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние концентрации латекса на параметры сырого геля и высушенной пленки

Массовая доля сухого вещества латекса, %	Толщина сырого геля, см	Эластичность сырого геля, %	Массовая доля сухого вещества сырого геля, %	Толщина высушенной пленки, см
45,0	0,121	>1600	59,6	0,072
40,0	0,115	>1600	58,4	0,067
35,0	0,106	>1600	58,24	0,062
30,0	0,104	1500	57,5	0,060
25,0	0,091	1150	55,9	0,051
20,0	0,098	1000	50,0	0,049
15,0	0,085	990	48,5	0,041
10,0	0,080	980	36,2	0,029

Анализируя результаты испытаний можно сделать вывод о том, что при разбавлении латекса все измеряемые параметры снижаются, однако, величина эластичности сырого геля остается на приемлемом уровне даже при низком содержании полимера в латексе (10%); при этом наблюдается достаточно низкая толщина конечной пленки. Следовательно, исследуемый полимер можно использовать для изготовления тонкостенных резиновых изделий даже при минимальном значении сухого вещества без значительной потери свойств.

Список литературы

1. Еркова Л.Н., Чечик О.С. Латексы / Л.Н. Еркова, – Л.: 1983. – 224 с.
2. Вережников В.Н., Гринфельд Е.А. Синтез латексов. – Воронеж: Издательство ВГУ, 2006. – 48 с.

З. Гринфельд Е.А., Хватова Л.К., Один А.П., Галкина Е.В. Разработка новых латексов для изготовления гипоаллергенных медицинских перчаток // Резиновая промышленность. Сырье, материалы, технология: Материалы 23-ой Российской научно-практической конференции. – М.: 2018. С.52-54.

4. Елисеева, В.И. Полимерные дисперсии. – М.: 1989. – 243 с.

5. Сердцелюбова А.С., Толмачев И.А., Васильев В.К., Морозова Л.В. Коллоидно-химические свойства и пленкообразующая способность безэмульгаторных латексов акрилатных сополимеров // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). - 2015. - № 28(54). - С. 43-47.

УДК 678.7

ПРИМЕНЕНИЕ РЕГЕНЕРИРОВАННЫХ НАСЫЩЕННЫХ КАУЧУКОВ В КРОВЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Кулигина М.В., Образцов Н. К., Тихомиров С.Г.

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет
инженерных технологий»,
г. Воронеж, Россия*

Аннотация. Работа посвящена разработке технологии регенерации резин на основе этиленпропиленового и бутилкаучука для их и последующего применения в производстве полимерных кровельных композиций. Это позволит расширить ассортимент гидроизоляционных материалов и сократить объемы каучуков, а также задействовать регенерированные каучуки в новом производственном цикле, что обеспечит ресурсосбережение.

В настоящее время одним из основных видов кровельных материалов, используемых в строительстве, являются мягкие рулонные кровельные материалы. Основным недостатком большин-

ства этих материалов является невозможность использования метода сплошного склеивания при их укладке, который применяется при использовании полимерных рулонных материалов на основе невулканизированных каучуков, армированных стеклотканью или полиэфирной тканью. В составе таких материалов широко используются эластомеры с высокой атмосферостойкостью и термостойкостью, такие как этиленпропиленовый и бутилкаучук [1].

Использование продуктов вторичной переработки резины в производстве полимерных кровельных и гидроизоляционных материалов представляет особый интерес с экологической и экономической точки зрения [2]. В первую очередь, это касается регенерации резин на основе насыщенных каучуков, что связано с их дефицитностью и высокой стоимостью.

Цель исследования - разработка технологии регенерации резиновых отходов на основе насыщенных каучуков и получение полимерных кровельных материалов с использованием регенерированных резин. Для достижения цели необходимо было решить следующие задачи: изучить влияние технологических параметров на свойства насыщенных каучуков - этилен-пропиленовых, бутилкаучука и резиновых отходов на их основе при механическом, химическом, термическом, радиационном воздействии; исследовать структуру, свойства образцов регенератов, полученных при различных внешних воздействиях; получить кровельные составы с использованием регенератов каучука; исследовать технологические, физико-механические, эксплуатационные свойства кровельных композиций, в том числе на основе регенерированных каучуков.

В качестве объектов исследования использовали резиновую крошку этиленпропиленовой резины, отработанные диафрагмы на основе бутилкаучука. Регенераты получали с использованием ионизирующего излучения на ускорителе электронов при различных поглощенных дозах – от 50 до 150 кГр и последующей термо-механообработке облученных резин, которую проводили в камере пластикодера Brabender вискозиметра в течение 30 минут при температурах 100, 120 и 140 °С. Изменение вязкоупругих свойств оценивали по показателю вязкости по Муни и остаточной плотности

поперечных связей, которую определяли методом равновесного набухания в толуоле.

Полученные при различных условиях регенераты вводили в рецептуру кровельной резиновой смеси, полимерной основой которой являлся этиленпропиленовый каучук СКЭПТ-50. Использовали эффективную серную вулканизирующую систему с комбинацией ускорителей: тиурама Д и каптакса. С целью обеспечения технологических свойств, в состав резин вводили малоактивный технический углерод и комбинацию мягчителей. Полученную резиновую смесь модифицировали путем введения регенератов в количестве 20, 60, 100 мас.ч. на 100 мас.ч полимерной основы.

Резиновую смесь изготавливали на лабораторных вальцах ЛБ 320 160/160 при температуре валков (70 ± 5) °С. Для сравнения технологических свойств использовали эталонную резиновую смесь (без регенерата), которая при переработке на вальцах имела наиболее гладкую поверхность, ровные кромки.

В ходе изготовления композиций отмечено, что при небольших дозировках бутилрегенерата затруднений при смешении не наблюдалось. Повышение дозировки бутил регенерата потребовало увеличение цикла смешения, т.к. наблюдалось некоторое залипание на валках.

При введении этиленпропиленового регенерата отмечено шубление при повышенных дозировках (60 и 100 мас.ч.), что потребовало увеличить цикл смешения для лучшего распределения его в полимерной матрице. Отмечено, что практически во всей области дозировок (20, 60, 100 мас.ч) резиновые смеси имели шероховатую поверхность, характеризовались отсутствием усадки, при повышенных дозировках — шублением.

Анализ результатов пласто-эластических свойств резиновых смесей показал, что в присутствии регенерата увеличивается вязкость резиновых смесей, что объясняет некоторое ухудшение их обрабатываемости на технологическом оборудовании.

Проведены исследования упруго-прочностных свойств кровельных резин. Отмечено снижение модулей при растяжении при дозировках регенератов 60 – 100 мас.ч., увеличение относительного удлинения при разрыве при сохранении остаточной деформации.

С использованием математического описания процесса термомеханодеструкции облученных резин, которое связывает вязкоупругие свойства исследуемых образцов с условиями их получения: температурой, продолжительностью механообработки и дозой облучения [3], предпринята попытка прогнозирования свойств кровельных материалов при введении в их состав регенерированных резин в зависимости от условий получения регенератов.

Таким образом, применение регенерированных насыщенных каучуков в составе кровельных композиций позволит расширить ассортимент гидроизоляционных материалов и сократить объемы каучуков, а также задействовать отходы резин в новом производственном цикле, что обеспечит ресурсосбережение.

Список литературы

1. Шутилин Ю.Ф. Справочное пособие по свойствам и применению эластомеров: Монография. Воронеж: Воронеж. гос. техн. академия. - 2003 г. - 871 с.
2. Karmanova O.V., Tikhomirov S.G., Kayushnikov S.N., etc. Obtaining and using of reclaimed butyl rubber with the use of ionizing radiation. // Radiation Physics and Chemistry. 2019. Т. 159. С. 154-158.
3. Tikhomirov S.G., Karmanova O.V., Podvalnyi S.L., Khvostov A.A., Karmanov A.V. Investigation of the kinetics of the radiation destruction of elastomers // Advanced Materials & Technologies Founders, № 2, 2018, p. 9-17.

УДК 678.7

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ КАУЧУКИ ДЛЯ ШИННЫХ МАТЕРИАЛОВ С УЛУЧШЕННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Фирсова А.В.¹, Лынова А.С.¹, Глуховской В.С.²

*¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», ²ВФ ФГУП «НИИСК»
г. Воронеж, Россия*

Аннотация. В настоящее время повышаются требования к характеристикам и качеству протекторов шин: отличное сцепление с дорожным покрытием, низкий расход топлива, высокая износостойкость. Работа посвящена улучшению характеристик и качества протекторных резин автомобильных шин путем использования новых марок растворных бутадиен-стирольных каучуков. Каучуки, полученные химической модификацией и функционализацией структуры бутадиен-стирольного сополимера имеют различия в характеристиках молекулярно-массового распределения. Разработана технология получения модифицированных статистических сополимеров стирола и бутадиена в присутствии новых иницирующих систем, образующихся в процессе сополимеризации в режиме «in situ». Протекторные резиновые на основе модифицированных каучуков имеют низкое сопротивление качению, высокое сцепление на мокрой дороге, высокую износостойкость.

В настоящее время повышаются требования к характеристикам и качеству протекторов автомобильных шин: отличное сцепление с дорожным покрытием, низкий расход топлива, высокая износостойкость. Протекторы на основе дивинил-стирольных статистических каучуков (ДССК) обеспечивают превосходное сцепление шин с дорожным покрытием, имеют низкие гистерезисные потери, характеризуются низким сопротивлением качению, что отражается на экономии топлива [1].

Целью работы явилось исследование свойств протекторных резин автомобильных шин при использовании в их составе новых марок растворных бутадиен-стирольных каучуков.

Объектами исследований являлись протекторные резиновые смеси и вулканизаты на основе бутадиен-стирольных каучуков растворной полимеризации, полученных в присутствии различных иницирующих систем «*n*-бутиллитий + модификатор». Использовали серию модификаторов, которые представляли собой смешанные алкоголяты щелочных и щелочноземельных металлов [2].

Каучуки, полученные химической модификацией и функционализацией структуры бутадиен-стирольного сополимера, имели различия в характеристиках молекулярно-массового распределения (табл. 1).

На основе полученных каучуков изготовлены резиновые смеси по рецептуре протектора легковых шин с применением кремнекислотного наполнителя и технического углерода, а также вулканизаты на их основе.

Таблица 1 – Характеристика структуры исследуемых каучуков

Показатели	ДССК-2560 серия	Модифицированные ДССК-2560		
		М-17	М-11А	М-11Т
Модификатор	М-11	М-17	М-11А	М-11Т
Содержание модификатора, ммоль	1,5	1,8	2,5	2,0
1,2-звенья, % мас.	65,0	56,0	66,7	65,8
1,4- <i>транс</i> -звенья, % мас.	18,0	19,0	18,0	13,3
1,4- <i>цис</i> -звенья, % мас.	17,0	25,0	15,3	20,9
Mn, 10-3	239	232	133	125
Mw, 10-3	362	375	217	190
Mw/Mn	1,23	1,60	1,59	1,51

Анализ результатов испытаний показал, что резиновые смеси на основе модифицированных каучуков характеризовались более высокой скоростью вулканизации, а вулканизаты имели лучшие показатели упруго-прочностных свойств (табл. 2).

Таблица 2 – Свойства резиновых смесей и вулканизатов на основе исследуемых каучуков

Показатели	ДССК-2560 серия	Модифицированные ДССК-2560		
Модификатор	М-11	М-17	М-11А	М-11Т
Вязкость по Муни, усл. ед.	55	63	53	51
Вулканизационные характеристики резиновых смесей, 160 °С				
M_L , дН·м	0,8	1,0	1,9	1,8
M_H , дН·м	9,3	7,7	17,6	17,2
t_S , мин	7,2	5,0	4,1	3,9
t_{90} , мин	21,1	19,9	16,7	17,7
Физико-механические показатели вулканизатов, 160 °С, 20 мин				
M_{300} , МПа	8,2	9,2	11,9	13,6
f_p , МПа	14,1	14,6	17,1	16,9
ϵ , %	408	416	410	363
N_A , усл.ед.	63	60	69	68

Установлено, что при близких значениях физико-химических показателей опытного ДССК-2560-М17 и серийного каучука (с модификатором М-11) расход модификатора на полимеризацию снизился на 10 % при высокой скорости сополимеризации.

Следует отметить, что модификация каучука обеспечила повышение прочности при растяжении и относительного удлинения при разрыве, увеличение твердости протекторных резин при использовании модификаторов М-11А и М-11Т.

При исследовании упруго-гистерезисных свойств протекторных резин установлено, что образцы на основе модифицированных каучуков имеют существенно более высокие значения коэффициента сцепления дорогой (по $\tan \delta$ при 0 °С) по сравнению с ДССК-2560. Значения $\tan \delta$ при 60 °С для в ДССК-2560-М3 ниже, чем для образца сравнения, что свидетельствует о уменьшении гистерезисных потерь в исследуемых образцах и снижении сопротивления качению.

Таким образом, разработана технология получения модифицированных статистических сополимеров стирола и бутадиена в присутствии новых иницирующих систем, образующихся в про-

цессе сополимеризации в режиме «in situ». Протекторные резиновые на основе модифицированных каучуков имеют низкое сопротивление качению, высокое сцепление на мокрой дороге, высокую износостойкость.

Список литературы

1. Осошник И.А., Карманова О.В., Шутилин Ю.Ф. технология пневматических шин. Воронеж: Воронеж. гос. технол. акад., 2004, 508 с.

2. Фаляхов М.И., Лынова А.С., Карманова О.В., Михалева Н.А Исследование эксплуатационных свойств резин на основе синтетического бутадиен-стирольного каучука дсск-2560-M27 ВВ //Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 1 (67). С. 146-150.

УДК 681.5

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Бакаленко В.И., Дейнека Т.А.

*УО Белорусский государственный технологический университет,
г. Минск, Беларусь*

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы визуализации переходных процессов в системах автоматического регулирования. Предлагается применение среды графической разработки LabVIEW. Приведена виртуальная система регулирования параметров системы теплопотребления с возможностью изменения характеристик объекта управления и регулятора.

Увеличение объема информации делает необходимым применение качественно новых методов обучения, способствующих лучшему усвоению предлагаемого материала. Одним из таких методов является визуализация массивов данных, которая позволяет

представлять информацию в более компактном и удобном для анализа виде. Кроме того, человек воспринимает изображение значительно быстрее, чем табличную или текстовую информацию.

При описании динамических процессов в системах контроля и регулирования наибольшее распространение получило представление информации в виде графиков, где ось абсцисс представляет собой текущее время. Применение производительных компьютеров делает возможным построение графиков в реальном масштабе времени, что позволяет наблюдать в динамике за изменением параметров системы и оперативно вносить в процесс корректирующие действия.

Среди программных продуктов, позволяющих решать разнообразные задачи в области моделирования процессов контроля и регулирования можно выделить графическую среду программирования LabVIEW разработанную компанией National Instruments. В состав LabVIEW входит большое количество элементов, которые позволяют достаточно просто создавать в Block Diagram функционально разнообразные виртуальные инструменты, а также элементов для создания пользовательского интерфейса: элементов управления, ввода/вывода, в том числе построения графиков. При этом, используя циклы, можно моделировать сложные процессы и отображать их в реальном масштабе времени.

На базе LabVIEW была создана модель системы регулирования, где в качестве объекта управления была выбрана система теплopotребления здания, подключенного к системе централизованного теплоснабжения. Объект управления включал независимую систему отопления и двухконтурную смешанную систему горячего водоснабжения (ГВС). При этом реализовывался принцип несвязанного регулирования [1].

Выбор объекта управления обоснован тем, что его компоненты имеют различные статические и динамические характеристики, которые изменяются в процессе эксплуатации.

Регулирование параметров объекта осуществлялось с помощью двух независимых ПИД-регуляторов с исполнительными механизмами постоянной скорости.

Температура в подающем и обратном трубопроводах задавалась в зависимости от температуры окружающей среды в соответствии с графиком центрального качественного регулирования (ЦКР).

Разработанная модель системы регулирования позволяет:

- изменять параметры графика центрального качественного регулирования;
- использовать одно- или двухступенчатую схему подогрева горячей воды;
- изменять характеристики используемого оборудования (теплообменников, исполнительных механизмов), а также гидравлические характеристики системы;
- изменять тепловую нагрузку системы отопления;
- изменять закон регулирования и параметры настройки регулятора;
- изменять время чистого запаздывания в циркуляционном контуре ГВС;
- изменять задания регуляторов;
- вносить возмущающие воздействия в виде изменения температуры окружающей среды или изменения водоразбора в системе ГВС;
- отображать графики переходных процессов регулируемых параметров;
- отображать перемещение и положение исполнительных механизмов.

Внешний вид Front Panel в среде LabVIEW показан на рисунке 1. Разработанная модель позволяет продемонстрировать влияние на качество регулирования не только параметров настройки регулятора, но и таких характеристик исполнительного механизма как вид статической характеристики и минимальная длительность управляющего импульса.

Развитие проекта включает применение адаптивных регуляторов с различными алгоритмами адаптации, а также включение в модель систем вентиляции.

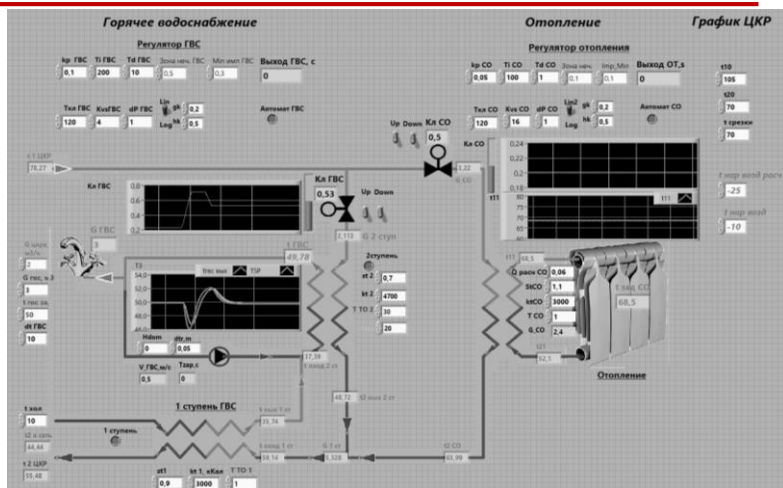


Рисунок 1 - Front Panel системы регулирования

Список литературы

1. Трэвис Дж., Кринг Дж. LabVIEW для всех. 4-е издание, переработанное и дополненное – М.: ДМК Пресс, 2011. - 904 с.

УДК 378.14

**ИННОВАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ПРАКТИЧЕСКОГО
ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ
«АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ»**

Карнович Д.С., Кобринец В.П.

*УО «Белорусский государственный технологический
университет»,
г. Минск, Беларусь*

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы инновационной подготовки специалистов в области автоматизации технологических процессов, направленной на повышение уровня внедрения современных подходов и средств автоматизации в дипломное проектирование студентов.

Важнейшим направлением подготовки инженерных кадров является подготовка специалистов, способных эффективно использовать свои знания и умения на производстве. При этом необходимо рационально сочетать теоретические знания и умение грамотно решать производственные задачи и быстро адаптироваться к условиям практической деятельности на предприятии.

В учебных планах для специальности «Автоматизация технологических процессов» предусматривается изучение инновационных технологий в области автоматизации процессов и производств, а также новых средств автоматизации на базе информационных технологий.

Для достижения этой цели учебными планами предусмотрены самые разнообразные виды практик, которые студенты проходят, начиная уже с первого курса. Итоговой практикой для студента является преддипломная практика на завершающем этапе формирования будущего специалиста. Она направлена на изучение конкрет-

ной проблемы в плане совершенствования и модернизации, существующих системам управления технологическими процессами, а также электроприводами технологических установок.

Программа и календарный план проведения практики включает не только сбор необходимых материалов по теме дипломного проекта студента, но и элементы инновационных разработок по данной тематике.

При этом большое внимание уделяется проведению работ по анализу технологических процессов как объектов управления, включающих теоретические и специальные экспериментальные исследования данных объектов, а также анализ и выбор средств автоматизации, разработанных на основе информационных технологий. Это является основой разработок по тематике дипломного проекта.

Также в программе преддипломной практики значительное внимание должно уделяться изучению современной методики расчетов экономической эффективности от внедрения новых средств и систем автоматизации технологических процессов.

При выполнении дипломных проектов студенты уделяют большое значение процессу автоматизированного конструирования систем автоматизации с применением ЭВМ на базе современных инновационных пакетов программ в условиях конструкторских отделов передовых предприятий отрасли. Программой практики предусматривается изучение и освоение имеющейся на предприятии системы автоматизированного проектирования (САПР). Студенты знакомятся с технической документацией САПР, изучают ее техническую структуру, функциональные возможности, языковые средства, систему программирования при решении задач, инструкции пользователя, а также решают некоторые текстовые задачи. После освоения САПР студенты выполняют разработки схем автоматизации по конкретной тематике дипломного проекта, которые включают в отчет по практике.

Данный этап практики может быть завершен присвоением студентам определенной категории в рамках штатного расписания конструкторского отдела предприятия. Все это способствует формированию навыков проектной и работы при подготовке будущих специалистов.

Успешному проведению преддипломной практики способствует календарный план прохождения практики. Он составляется на начальном этапе прохождения практики, включает в себя все необходимые по программе практики виды занятий, в том числе и выполнение индивидуальных занятий, сроки их выполнения, оформление отчетов по видам занятий и отчета по практике в целом, а также срок защиты отчета. Календарный план подписывается руководителями практики от предприятия и университета.

Индивидуальное задание каждому студенту по теме дипломного проекта, предусмотренное программой практики, связано с изучением технологии конкретных участков производства и систем их автоматизации. При этом основное внимание уделяется совершенствованию и повышению эффективности изученных им в процессе практики систем управления технологическими процессами с применением инновационных разработок в данной области. Все это формирует у будущего специалиста навыки творческого мышления и самостоятельного принятия решений. При этом студенты должны освоить навыки технологического программирования этих средств и совместно с персоналом службы КИПиА, принимая участие в наладочных операциях отдельных устройств.

Отчет по преддипломной практике должен содержать материалы, соответствующие разделам дипломного проекта согласно СТП, а также разработки по модернизации существующих систем управления, включающие инновационные аспекты решения данной проблемы. Это позволяет оформить материалы дипломного проекта в виде научных докладов на СНТК и работ на внутривузовский и Республиканский конкурсы научных работ студентов.

Решение данных инженерных задач в значительной степени способствует подготовке современного специалиста в области автоматизации технологических процессов.

Направление студентов для прохождения преддипломной практики или обучения в последнем семестре в зарубежных ВУЗах или на передовых с точки зрения оснащения техническими средствами автоматизации или внедренными АСУТП верхних уровней позволяет существенно повысить уровень внедрения инноваций в дипломные проекты.

УДК. 51-74

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПОЛИМЕРОВ, ПОЛУЧАЕМЫХ ДРОБНОЙ ПОДАЧЕЙ ДЕСТРУКТИРУЮЩЕГО АГЕНТА

Попов А.П., Образцов Н.К.

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет
инженерных технологий»,
г. Воронеж, Россия,*

Аннотация. Статья посвящена моделированию процесса термоокислительной деструкции полимеров в растворе при дробной подаче инициатора. Приняты допущения о независимости константы скорости образования деструктора от значения средневязкостной молекулярной массы полимера и об обратимости реакции разрушения полимерных молекул. На основе предложенной модели и результатов лабораторных исследований проведены эксперименты по оценке кинетических параметров деструкции. Увеличена точность соответствия модели реальному процессу.

Производство в промышленных масштабах низкомолекулярных полимеров с активными функциональными группами, с заданными физико-химическими свойствами и показателями качества является одной из приоритетных задач, стоящих перед предприятиями химической промышленности. На протяжении последних 10 лет в результате совместной работы ученых ВФ ФГУП «НИИСК» и ФГБОУ ВО «ВГУИТ» созданы технология получения низкомолекулярных полимеров с регулируемыми свойствами, разработаны математические модели и предложены способы управления динамикой физико-химических превращений полимера. Термоокислительная деструкция (ТОД) полимерных материалов в растворе является одним из наиболее эффективных способов получения такого вида полимерных материалов в промышленных условиях [1]. При этом, процесс

можно проводить на базе действующего технологического оборудования, задействованного при производстве высокомолекулярных полимеров. Данная технология синтеза предоставляет возможность переработки кондиционных и некондиционных каучуков, а также отходов, образующихся на стенках полимеризационного оборудования.

Проведенные в лабораториях и опытных цехах ВФ ФГУП НИИСК исследования [1], а также результаты моделирования и системного анализа технологического процесса как объекта управления [2], позволили установить возможность применения нескольких способов управления скоростью протекания химических превращений. Одним из наиболее эффективных способов воздействия на интенсивность разрушения полимерных молекул является варьирование величин начальной концентрации агента деструкции и размера его дозы, вводимого в реакционную зону непрерывно или путем дробной подачи через определенные временные интервалы.

Установлено, что применение дробной подачи инициатора позволяет увеличить степень (глубину) деструкции полимерной матрицы. В работе [3] рассмотрены особенности управления процессом деструкции при дробной загрузке агента деструкции в реактор, а в качестве управляющей системы предложено использовать АСУ, функционирующую по алгоритму программного управления.

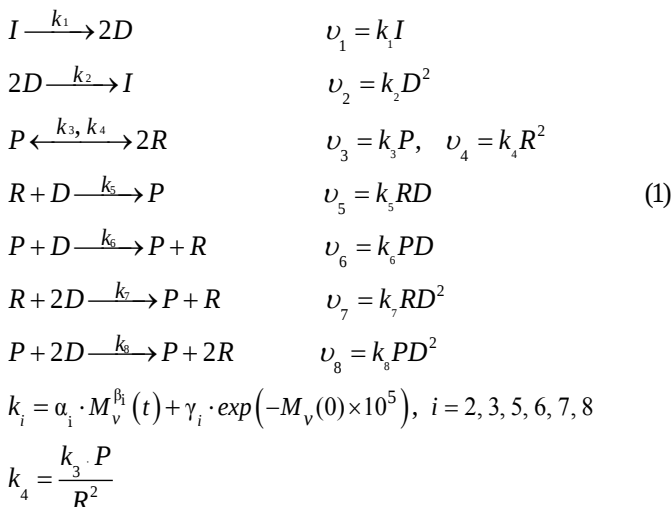
Для реализации данной технологии в промышленных условиях с внедрением автоматизированной системы программного управления необходимо создание математического обеспечения, позволяющего с высокой степенью точности описывать все физико-химические стадии процесса при случайном и заранее определенном законе изменения технологических параметров.

Предложенные математические модели термоокислительной деструкции [4] и идентифицированные кинетические параметры химических реакций требуют уточнения. Это обусловлено тем, что проведенные вычислительные эксперименты выполнены с использованием упрощенного механизма межмолекулярных взаимодействий, без учета влияния физических параметров полимера и интенсивности побочных реакций на динамику процесса [4]. Позже, авто-

рами статьи [5] разработана модель гомофазной термоокислительной деструкции, описывающей процесс в условиях функциональной зависимости скорости процесса от средневязкостной молекулярной массы, в присутствии аддукта радикального инициатора азо-диизбутиронитрила с учетом эффекта «клетки».

Поэтому, для дальнейшего усовершенствования математического обеспечения процесса, создания алгоритма функционирования АСУ и их интеграции в цифровую модель (исполнительный модуль), являющуюся эквивалентом реального объекта, использовано математическое описание, приведенное в [5].

В рамках принятых допущений о независимости константы скорости образования молекул деструктора от значения средневязкостной молекулярной массы и о том, что реакция разрушения полимерных молекул на две молекулы радикала является обратимой, схема механизма межмолекулярных взаимодействий в принимают вид:



I, D, P, R – концентрации инициатора, деструктирующего агента, полимеров и полимерных радикалов в растворе, моль/л; v_i – скорость i -ой реакции, моль/л·с; k_i – константа скорости i -ой реакции, с⁻¹, л/моль·с, л²/моль²·с, л³/моль³·с.

Используя полученную аналитическую зависимость:

$$M_v(t) = M_v \left(\frac{P_0}{P(t) + R(t)} \right)^{1.257}, \quad (2)$$

описывающую динамику величины средневязкостной молекулярной массы (M_v) от изменения концентрации молекул полимера и радикала [5], выполнена оценка параметров α , β , γ соответствующих констант скоростей и величины константы скорости разложения инициатора k_1 . Вычислительный эксперимент проведен на основе предложенной математической модели (1) и результатов лабораторных исследований деструкции полимеров марки (СКД-НД) [5]. Соответствие рассчитанных значений средневязкостной молекулярной массы полимера экспериментальным данным представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Опыт №1 ($I(0)=0,01122$ моль/л, $P(0) = 0,000305$ моль/л, подача инициатора каждые 2 часа $\Delta I = 0,00094$ моль/л)

Время протекания реакции, ч	M_v^{exp}	M_v^{ras}
2	31594,95	35759,08
4	12754,88	13028,96
6	6011,55	6507,60
8	3476,68	3934,25
10	2045,11	2744,11
12	1139,24	2119,58

Таблица 2 - Опыт №2 ($I(0)=0,01309$ моль/л, $P(0)= 0,000305$ моль/л, подача инициатора каждые 2 часа $\Delta I = 0,00188$ моль/л)

Время протекания реакции, ч	M_v^{exp}	M_v^{ras}
2	31594,95	28316,40
4	12754,88	9766,09
6	4691,26	4562,77
8	2731,96	2596,55
10	2045,11	1723,18
12	1725,45	1277,70

Величина средней относительной приведенной погрешности для 1-го и 2-го опытов составила 3,9% и 4,6% соответственно.

Таким образом, увеличена точность соответствия математической модели изучаемому процессу. Это предоставляет возможность дальнейшего усовершенствования математического обеспечения термоокислительной деструкции с целью построения достоверного горизонта прогноза глубины разрушения полимерного материала в условиях нестационарности температурного режима работы реактора и возникновения побочных реакций. Что, в конечном итоге, позволит реализовать алгоритм предиктивного управления данным процессом для получения конечного продукта с программируемыми свойствами.

Список литературы

1. Шехавцова Т.Н., Шаталов Г.В., Шестаков А.С., Папков В.Н. Термоокислительная деструкция как способ получения низкомолекулярных полимеров/ Т.Н. Шехавцова, // Каучук и резина. 2018. Т. 77. № 6. С. 358-361.
2. Попов А.П. Системный анализ, моделирование и управление периодическим процессом термоокислительной деструкции полимеров в растворе / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук // Воронежский государственный университет инженерных технологий. Воронеж, 2015.
3. Хаустов И.А. Управление синтезом полимеров периодическим способом на основе дробной подачи компонентов реакции // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2014. Т. 20. № 4. С. 787-792.
4. Тихомиров С.Г., Хаустов И.А., Попов А.П., Шехавцова Т.Н. Оценка параметров термоокислительной деструкции полимеров в раствор // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2014. № 4 (54). С. 107-111.
5. Тихомиров С.Г., Карманова О.В., Хаустов И.А., Арапов Д.В., Попов А.П., Карманов А.В., Шехавцова Т.Н., Г.В. Шаталов Математическое моделирование процесса термоокислительной деструкции полибутадиена в растворе // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2018. № 8. С. 10-13.

УДК 678.028.2

РАЗРАБОТКА НОВЫХ КОМПЛЕКСНЫХ АКТИВАТОРОВ ДЛЯ ВУЛКАНИЗАЦИИ РЕЗИН

Голякевич А. А., Чвирова А. А., Карманова О. В.

*ФГБОУ «Воронежский государственный университет
инженерных технологий»,
г. Воронеж, Россия*

Аннотация. В настоящее время возрастают требования к качеству, экологическим, технико-экономическим показателям резиновых изделий. В мировой практике большую значимость имеют исследования по снижению содержания соединений цинка в резинотехнических изделиях для улучшения экологической обстановки. В этой связи был разработан комплексный активатор вулканизации, позволяющие сократить содержание оксида цинка в рецептурах резиновых смесей без ухудшения физико-механических показателей резиновых изделий.

Качество резиновых изделий неразрывно связано с условиями формирования в процессе вулканизации оптимальной структуры пространственной сетки, позволяющей максимально реализовать потенциальные свойства эластомерных систем. Среди новых методов вулканизации продолжает сохранять наибольшее значение серная вулканизация. В серных вулканизирующих системах основным компонентом резиновой смеси являются активаторы ускорителей вулканизации [1]. Они участвуют в образовании действительных агентов вулканизации и формировании в ходе сшивания каучука пространственной структуры – с повышенной частотой вулканизационной сетки.

Главным образом в резиновой и шинной промышленности основным компонентом активатора является оксид цинка. В сочетании с ним, как правило, используется жирная кислота, например, стеариновая. Электрофильные атомы цинка обуславливают физи-

ческую и химическую адсорбцию ускорителей, стеариновой кислоты и серы на оксиде цинка с образованием соответствующих цинковых солей ускорителей и стеарата цинка [2].

В процессе производства и эксплуатации резинотехнических изделий происходит накопление оксида цинка в окружающей среде и оказывает негативное влияние на здоровье человека. На сегодняшний день невозможно полностью отказаться от оксида цинка и заменить его на экологически безопасные активаторы без ухудшения физико-механических показателей резин. Повышение требований экологической безопасности резинотехнических изделий требует разработки рецептур, содержащих пониженную дозировку оксида цинка при сохранении технических свойств резин [3].

Цель исследования - разработка активаторов вулканизации с пониженным содержанием оксида цинка (complex vulcanization activator with low zinc oxide content (cAV)), которые обеспечивают высокий уровень технологических и вулканизационных характеристик резиновых смесей, упруго-прочностных свойств вулканизатов на их основе, а также улучшают экологические и технико-экономические показатели резинотехнических изделий.

Продукты cAV предназначены для замены активаторов вулканизации (цинковых белил), диспергаторов (стеариновой кислоты, синтетических жирных кислот). Применяются в рецептурах резиновых смесей для производства автомобильных шин, формовых, неформовых изделий, клиновых ремней, конвейерных лент и других изделий [4].

Использование активаторов cAV в рецептах резиновых смесей позволяет полностью заменить оксид цинка, в 3-4 раза снизить его содержание в резине и повысить экологическую безопасность изделий. В таблице 1 представлены данные физико-механических испытаний, кинетике вулканизации резиновых смесей со стандартным активирующим комплексом в сравнении с cAV.

Продукты cAV вводятся в резиновые смеси без технологических затруднений, облегчают изготовление и обработку резиновых смесей (вальцуемость, шприцуемость, каландруемость) резиновых смесей на основе хлоропреновых, этиленпропиленовых, бутадиен-нитрильных и других каучуков.

Таблица 1. – Основные показатели резиновых смесей и вулканизатов

Наименование показателей	Композиция, содержащая систему в виде	
	оксид цинка +стеарин	комплексный активатор вулканизации (ZnO-20%)
Время начала подвулканизации, мин (130 °С)	8,0	7,0
Кинетика вулканизации на реометре MDR-2000 (155 °С, 30 мин):		
Минимальный крутящий момент, дН×м	0,88	1,05
Максимальный крутящий момент, дН×м	11,62	14,29
Условное напряжение при удлинении 300 %, МПа	11,3	12,9
Условная прочность при растяжении, МПа	19,5	20,4
Относительное удлинение при разрыве, %	460	438

Опытные продукты обеспечивают сокращение времени достижения оптимума вулканизации и повышение скорости вулканизации, резины на их основе характеризуются повышенным сопротивлением раздиру и истиранию, а также не имеют существенных различий по упруго-прочностным свойствам по сравнению с резинами, содержащими оксид цинка и стеариновую кислоту. При хранении, дозировании и смешении продукты сAV не пылят, что улучшает условия труда на складах хранения и производственных цехах.

Список литературы

1. Шершнева В. А. Развитие представлений о роли активаторов серной вулканизации углеводородных эластомеров. Часть 1 // Каучук и резина. – 2012. – № 1. – С. 31–36.

2. Карманова О. В., Попова Л. В., Пойменова О. В., Гусев Ю. К. Создание активирующих систем для эффективной вулканизации эластомеров // Вестник воронежского государственного университета инженерных технологий. - 2014. - №3 (61). – С. 126-129.

3. Карманова О. В., Фатнева А. Ю., Тихомиров С. Г., Попова Л. В. Влияние состава композиционного активатора вулканизации на свойства эластомеров // Вестник воронежского государственного университета инженерных технологий. - 2019. - №4(82). - С. 178-183.

4. Карманова О. В., Тихомиров С. Г., Попова Л. В., Фатнева А. Ю. Исследование свойств резин в присутствии композиционного активатора вулканизации // Каучук и резина. - 2020. - №т. 79 №1. - С. 28-31.

УДК 678.028.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ВУЛКАНИЗАЦИИ НА СВОЙСТВА ШИННЫХ РЕЗИН

Габрусь А.А., Шашок Ж.С., Усс Е.П.

*УО «Белорусский государственный технологический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. В работе изучено влияние различных режимов вулканизации на упруго-прочностные характеристики шинных резин до и после теплового старения. В качестве объекта использовалась эластомерная композиция на основе натурального каучука, предназначенная для изготовления брекера автомобильных шин. Установлено, что варьирование технологических режимов вулканизации позволяет регулировать структуру резин, что оказывает влияние на их технические характеристики.

Режимы вулканизации покрышек отличаются как по продолжительности, так и по схеме их построения. Выбор параметров

теплоносителей помимо коэффициента теплоотдачи зависит от теплофизических характеристик материалов изделия, его конструкции, размеров, способности резиновой смеси к течению, формованию, их конфекционных и вулканизационных характеристик, а также от температуропроводности шинных материалов. Выбор режима вулканизации должен базироваться на анализе температурных полей вулканизуемом изделии и объективной оценке результатов их воздействия [1–3].

Цель работы – исследование влияния различных режимов вулканизации на технические характеристики брекерных резин.

В качестве объекта исследования выбраны брекерные эластомерные композиции на основе натурального каучука. Упруго-прочностные свойства и стойкость к термическому старению образцов брекерных резин определяли согласно ГОСТ 270–75 и 9.024–74 соответственно.

В таблице приведены результаты исследования физико-механических показателей до и после теплового старения для брекерных резин, полученных при различных температурно-временных параметрах.

Анализ приведенных данных показал, что при температуре вулканизации 143°C время вулканизации не оказывает существенного влияния на условное напряжение при удлинении 300% (изменение не превышает 7,4%). Однако с увеличением времени процесса вулканизации происходит снижение прочностных показателей на 11,7% (от 24,8 до 21,9 МПа).

Таблица – Физико-механические показатели брекерных резин

Показатель	Температура вулканизации, °C / Время вулканизации, мин												
	143				160					170			
	30	40	60	90	10	20	30	60	90	5	10	20	40
f_E	18,7	19,0	20,3	20,1	17,1	18,8	19,5	17,3	15,8	16,1	17,4	17,0	15,6
f	24,8	23,2	22,3	21,9	23,0	21,8	21,7	20,5	18,5	24,3	21,2	20,7	19,1
ε	440	390	340	350	410	360	350	360	350	450	400	370	390
K_f	-74	-72	-74	-65	-78	-76	-75	-63	-58	-79	-74	-68	-71
K_E	-84	-85	-82	-80	-85	-83	-83	-72	-74	-87	-85	-76	-85

Примечание. f_e – условное напряжение при удлинении 300%, МПа; f – условная прочность при растяжении, МПа; ε – относительное удлинение при разрыве, %; K_f – коэффициент старения по условной прочности при растяжении; K_e – коэффициент старения по относительному удлинению при разрыве.

Установлено, что при температуре вулканизации 160°C наиболее чувствительным параметром продолжительности вулканизации является условное напряжение при 300%-ном удлинении. Изменение условного напряжения резин в данном случае достигает до 16,0%. Так, наибольшее значение условного напряжения при удлинении 300% для резины, полученной в течение 30 мин составляет 19,5 МПа, а наименьшее для резины, свулканизованной в течение 90 мин, равно 15,8 МПа. С увеличением времени вулканизации так же уменьшается на 19,6% условная прочность при растяжении (от 23,0 МПа до 18,5 МПа). Сравнительный анализ значений относительного удлинения при разрыве показал, что эластические свойства резины с увеличением времени вулканизации уменьшаются и находятся в пределах 410–350%. Характер изменения упруго-прочностных показателей бреккерных резин от времени вулканизации при температуре 143°C, может быть, обусловлен увеличением густоты сетки поперечных связей, затрудняющей ориентацию молекулярных цепей.

С увеличением температуры до 170°C и продолжительности вулканизации до 40 мин проявляется тенденция не только к снижению условного напряжения при удлинении 300% (от 17,4 до 15,6 МПа), но и условной прочности при растяжении на 21,4% (от 24,3 до 19,1 МПа). В данном случае, вероятно, наряду с реакцией поперечного сшивания, происходит изменение строения молекулярных цепей в результате распада и перегруппировки полисульфидных связей, модификации молекул каучука серой, вследствие чего происходит снижение прочностных показателей. При этом относительное удлинение при разрыве находится в пределах 370–450%.

Определение стойкости резин к тепловому старению показало, что вулканизация бреккерных резиновых смесей при температуре 160°C в большей мере позволяет сохранить эластические и прочностные свойства резин по сравнению с образцами резин, свулканизованными при температурах вулканизации 143°C и 170°C. Так, изменение показателя по условной прочности при растяжении резин изменяется от минус 58 до минус 78%, а по относительному удлинению при разрыве – от минус 72 до минус 85%. Это может быть связано с изменением типа поперечных связей,

образующихся в процессе вулканизации, увеличением энергии поперечных связей вулканизатов, что дает возможность повысить устойчивость резин к высоким температурам вулканизации. При температурах вулканизации 143°C и 170°C, вероятно, образуется более плотная вулканизационная структура, когда длина цепи между узлами становится соизмеримой с длиной кинетического сегмента, с меньшей плотностью узлов пространственной сетки, вследствие чего увеличивается внутреннее трение в вулканизатах и меньшая стойкость к тепловому старению.

Таким образом, установлено, что изменение режимов вулканизации оказывает существенное влияние на пространственную структуру шинных резин, а следовательно, и на их технические характеристики. При этом для определения приемлемого режима вулканизации шинных резин необходимо провести расширенную оценку их специфических характеристик.

Список литературы

1 Лукомская А. И., Баденков П. Ф., Каперша П. М. Тепловые основы вулканизации резиновых смесей. М.: Химия, 1972. 359 с.

2 Осипов Ю. Р., Осипов Ю. С., Павлов В. В., Чурина Т. Н. Теплообмен и массообмен при послевулканизационном жидкостном охлаждении гуммировочных покрытий: монография. Вологда: ВИПЭ ФСИН России, 2010. 95 с.

3 Павлов В. В., Осипов С. Ю., Осипов Ю. Р. Методы оптимизации и прогнозирования тепловых режимов вулканизации гуммированных изделий // Вестник Череповецкого государственного университета, 2009. № 1 (20). С. 109–112

УДК. 678.046.36

УПРУГО-ГИСТЕРЕЗИСНЫЕ СВОЙСТВА ПРОТЕКТОРНЫХ РЕЗИН С КРЕМНЕКИСЛОТНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ

Кротова О.А., Белоблоцкая Н.Г.

*Учреждение образования «Белорусский государственный
технологический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Исследовано влияния кремнекислотных наполнителей на упруго-гистерезисные свойства протекторных резин на основе комбинации бутадиенстирольного и полибутадиенового каучуков. Установлено, что наиболее целесообразно вводить в рецептуру эластомерных композиций легковых шин ККН марки Exstrasil 150, поскольку его применение позволяет получить вулканизаты, характеризующиеся повышенной эластичностью и сцеплением с дорожным покрытием, а также меньшими потерями тепла в окружающую среду и расходом топлива.

Выходные характеристики резин оказывают влияние на такие важные эксплуатационные показатели легковых шин, как износостойкость, сцепление шины с дорожным покрытием, сопротивление истиранию. В свою очередь, перечисленные эксплуатационные характеристики зависят от гистерезисных свойств вулканизатов, которые показывают взаимосвязь между напряжением и деформацией, возникающих в процессе эксплуатации (динамических условиях) [1–3].

Одним из способов улучшения упруго-гистерезисных свойств протекторных резин является использование в составе эластомерных композиций кремнекислотных наполнителей (ККН), применение которых приводит к снижению сопротивления качению, улучшению сцепления шины с дорогой при сохранении на высоком уровне износостойкости вулканизатов [1, 4].

Целью работы являлось исследование влияния кремнекислотных наполнителей на упруго-гистерезисные свойства резин.

В качестве объектов исследования выступали эластомерные композиции на основе комбинации бутадиенстирольного и полибутадиенового каучуков, предназначенные для изготовления протекторов легковых шин радиальной конструкции. Кремнекислотные наполнители марок Zeosil 1165 MP и Exstrasil 150, отличающиеся удельной поверхностью по адсорбции азота (не менее 165 м²/г и 161 м²/г соответственно) и удельной адсорбцией по ЦТАБ (не менее 160 м²/г и 153 м²/г соответственно), вводились в резиновые смеси в дозировке 80,0 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука.

Испытания проводились на динамическом механическом анализаторе путем циклического сжатия образцов резин при статической нагрузке 0,56 МПа, динамической нагрузке 0,50 МПа, скорости нагрева образцов 2 К/мин, частоте 11 ГЦ и интервале температур 20–70°C.

Упруго-гистерезисные свойства резин оценивались комплексным модулем E^* , а также его составляющими: вещественной E' (модуль упругости) и мнимой E'' (модуль потерь) [5]. Комплексный модуль характеризует общую сопротивляемость материала деформации. Модуль упругости определяет способность образца сохранять энергию, а модуль потерь – часть механической работы, которая необратимо рассеивается в каждом цикле в виде тепла.

Результаты исследования влияния температуры и марки ККН на комплексный модуль представлены в таблице 1.

Установлено, что изменение температуры от 20 до 70°C приводит к уменьшению комплексного модуля вулканизатов в случае использования в резиновой смеси ККН марки Exstrasil 150 ВД в 1,7 раза, а при введении в эластомерные композиции Zeosil 1165 MP – в 2,3 раза. Такой характер изменения свойств, вероятно, обусловлен уменьшением межмолекулярного взаимодействия, вследствие разрушения физических связей, что приводит к увеличению гибкости молекулярных цепей и уменьшению времени релаксации. При этом выявлено, что вулканизаты с Exstrasil 150 ВД, характеризуются на 8–56% меньшим значением комплексного модуля по сравнению с резинами, содержащими Zeosil 1165 MP.

Таблица 1 – Комплексный модуль

Марка ККН	Температура, °С	Комплексный модуль E^* , МПа
Zeosil 1165 МР	20,01	20,30
	23,75	18,53
	28,84	16,64
	33,79	14,90
	38,81	13,43
	43,77	12,18
	48,73	11,06
	53,74	10,05
	58,76	9,32
	63,71	8,65
Exstrasil 150 ВД	20,02	12,96
	23,75	12,14
	28,87	11,81
	33,80	11,27
	38,69	9,90
	43,81	9,15
	48,76	8,51
	53,63	7,96
	58,72	7,51
	63,75	7,52

Анализ результатов исследования модуля упругости E' (рисунок 1) и модуля потерь E'' (рисунок 2) вулканизатов показал, что повышение температуры приводит к снижению данных показателей. Выявлено, что вулканизаты, содержащие кремнекислотный наполнитель марки Exstrasil 150 ВД в зависимости от температуры имеют на 13–36% более низкие значения E' по сравнению с резинами, содержащих Zeosil 1165 МР (12,00–7,38 МПа и 18,85–8,45 МПа соответственно). Установлено, что при ведении в резиновые смеси Exstrasil 150 ВД модуль потерь E'' вулканизата в интервале температур 20–70°С уменьшается в 2,77 раза, а у резин, содержащих Zeosil 1165 МР – в 4,12 раза при такой же температуре. При этом определено, что резины, содержащие Exstrasil 150, имеют на 19–46 % меньшее значение данного показателя, по сравнению с вулканизатами, наполненными Zeosil 1165 МР.

Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что наиболее целесообразно вводить в рецептуру протекторных резиновых смесей легковых шин ККН марки Exstrasil 150, поскольку его применение позволяет получить вулканизаты, характеризующиеся повышенной эластичностью и

сцеплением с дорожным покрытием, а также меньшими потерями тепла в окружающую среду и расходом топлива.

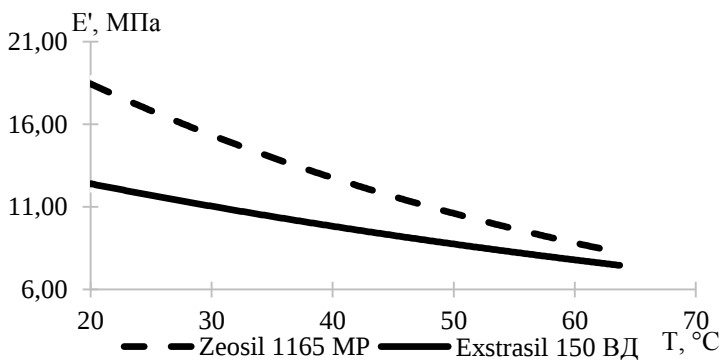


Рисунок 1 – Зависимость модуля упругости E' от температуры T

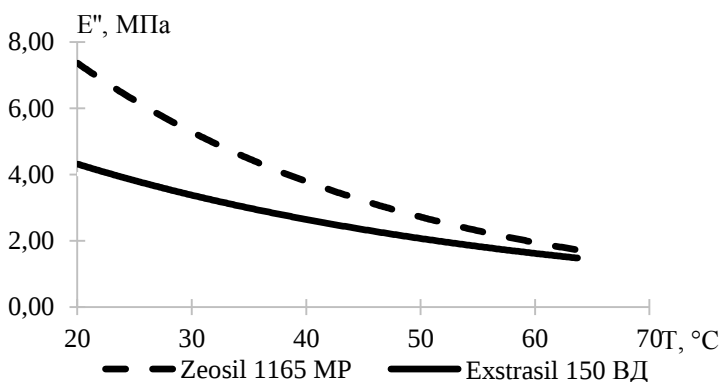


Рисунок 2 – Зависимость модуля потерь E'' от температуры T

Список литературы

1. Пичугин А.М. Материаловедческие аспекты создания шинных резин. – Москва: Автополис-плюс, 2010. – 383 с.

2. Куперман Е.Ф. Новые каучуки для шин. Растворные каучуки с повышенным содержанием винильных звеньев, альтернативные эмульсионному БСК. Транс-полимеры и сополимеры изопрена и бутадиена. – Москва, 2011. – 367 с.

3. Лынова А.С. Применение модифицированных статистических бутадиен-стирольных каучуков в протекторных резинах легковых шин: дис. ... канд. тех. наук: 05.17.06. – Воронеж: ВГТУ, 2020. – 138 с.

4. Большой справочник резинщика: в 2 ч. / под ред. П.И. Захарченко [и др.]. – М.: Техинформ МАИ, 2012. – Ч. 1. – 744 с.

5. Жовнер Н.А., Чиркова Н.В., Хлебов Г.А. Структура и свойства материалов на основе эластомеров. – Омск: Филиал РосЗИТЛП, 2003. – 276 с.

УДК 667.64

СВОЙСТВА ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Липатова Е.А., Долинская Р.М.

*УО «Белорусский государственный технологический
университет»,*

г. Минск, Республика Беларусь.

Аннотация. Синтезированы двухкомпонентные полиуретановые композиции на основе полиэфирной смолы ПДА 800У и полиизоцианата Desmodur 44V20L и изучены их прочностные свойства. В результате проведенных исследований, получены композиции, содержащее оптимальное количество отвердителя, прочность композиций изменяется от 50 Н при температуре минус 50°C до 65,5 Н при температуре плюс 20°C. Полученные результаты, можно использовать для дальнейших исследований в области синтеза полиуретановых двухкомпонентных композиций используемых для защиты металлов от механических воздействий.

В настоящее время на мировом рынке имеется довольно широкий выбор сырья для изготовления двухкомпонентных полиуретановых и эпоксидных композиций. Двухкомпонентные полиуретановые композиции широко используются благодаря уникальному сочетанию таких свойств как твердость и эластичность. Обладая уникальными эксплуатационными свойствами такие композиции имеют еще одно неоспоримое достоинство: на их основе несложно изготовить экологически чистые лакокрасочные материалы, полностью удовлетворяющие современным санитарным требованиям [1].

В настоящее время такие лакокрасочные материалы широко используются для покрытий металлических изделий для защиты от различных повреждений благодаря своей прочности и эластичности.

Сырьем для двухкомпонентных полиуретановых композиций служат гидроксилсодержащие пленкообразователи и изоцианатные отвердители, которые при взаимодействии друг с другом образуют полиуретановые группы [2].

В данной работе нами синтезированы композиции на основе полиэфирной смолы ПДА 800У и полиизоцианата Desmodur 44V20L и изучены их прочностные свойства.

Смола ПДА 800У представляет собой прозрачную однородную жидкость, от светло-желтого до светло-коричневого цвета, это продукт поликонденсации диэтиленгликоля с адипиновой кислотой [3].

Полиизоцианат (Desmodur 44V20L) – смесь 4,4'-диизоцианата (МДИ) с изомерами и гомологами более высокой функциональности [4].

Синтезированные композиции сушили и измельчали. Сушку проводили при повышенной влажности для того, чтобы исключить возникновение пор, раковин, вздутий и других видов брака уже на стадии переработки. Дробление отходов осуществляли в измельчителях. Затем тонко измельченные порошки полимеров добавляли к первичным полимерам в количестве 5–30 % с целью экономии базового полимера.

Испытания на растяжение полимерных материалов проводили при температурах минус 50 и плюс 20°C, чтобы образцы гарантированно перешли из высокоэластического в стеклообразное состояние, в соответствии с ГОСТ 11262–80 и ГОСТ 9550–81 на разрывной машине Kason WDW–10.

При проведении испытаний согласно методикам, ГОСТ образцы нагружали возрастающей нагрузкой, величина которой фиксировалась по шкале динамометра.

При определении прочности и относительного остаточного удлинения скорость нагружения составляла 25 мм/мин. В момент разрушения образца фиксировали наибольшее усилие и определяли прочность при растяжении и относительное удлинение.

При проведении испытаний образцы закрепляли в зажимы разрывной машины Kason WDW–10 по меткам, определяющим положение кромок зажимов, таким образом, чтобы продольные оси зажимов и ось образца совпадали между собой и с направлением движения подвижного зажима. Зажимы затягивали равномерно, чтобы не было проскальзывания образца в процессе испытания, но при этом не происходило его разрушение в месте закрепления. Далее производили настройку прибора для замера деформаций.

Затем образец нагружали возрастающей нагрузкой, величина которой фиксировалась по шкале динамометра. Скорость нагружения составила 25 мм/мин при определении прочности и относительного остаточного удлинения. В момент разрушения образца фиксировали наибольшее усилие и определяли прочность при растяжении и относительное удлинение.

В таблице 1 приведены рецептуры синтезированных композиций.

Образцы в стеклообразном состоянии выдержали нагрузку до 3970 Н, практически не удлиняясь, что свидетельствует о наличии полиуретановых групп в том количестве, которое необходимо для качественной сшивки, что соответствует результатам, полученным другими исследователями [5].

Таблица 1 – Рецептура полиуретановой двухкомпонентной композиции

Наименование компонента	Количество компонентов, г			Массовая доля, %		
	Образцы					
	1	2	3			
Полиэфирная смола	200	200	200	6,2	3,4	7,2
Полиизоцианат	65,8	72,38	59,22	4,8	6,6	2,8
	Соотношение			Всего:		
	пленкообразователь : отвердитель					
	3:1	2,76 : 1	3,38 : 1	100	100	100

При недостатке отвердителя при температуре минус 50°C образцы испытывали значительное удлинение (10 мм) при нагрузках 675 Н, что свидетельствует о неполной сшивке изоцианатных с гидроксильными группами.

Результаты испытания на прочность образцов полимерной композиции при оптимальном количестве отвердителя при температуре минус 50°C показали, что композиция эластичная и выдерживает нагрузки в 4852,21 Н при растяжении.

При недостатке отвердителя при температуре плюс 20°C образцы максимально эластичны и не выдержали нагрузки более 22,9 Н, что свидетельствует об образовании незначительного количества уретановых групп, которые образовались при смешении полиэфирной смолы и полиизоцианата.

При оптимальном содержании отвердителя при температуре плюс 20°C нагрузки растут пропорционально удлинению и композиции становятся достаточно прочными.

Таким образом, синтезированы устойчивые полимерные однородные композиции с различным количеством отвердителя и исследованы их свойства, что соответствует результатам, полученным другими исследователями [5].

В результате проведенных исследований, можно сделать вывод, что оптимальным количеством отвердителя является рассчитанное по формуле количество или его избыток, который не превышал 10% от оптимального значения.

Полученные результаты, можно использовать для дальнейших исследований в области синтеза полиуретановых двухкомпонентных композиций используемых для защиты металлов от механических воздействий.

Список литературы

1. Мюллер Б., Пот У., Лакокрасочные материалы и покрытия. Принципы составления рецептур –Москва: Пэйнт-Медиа, 2007. –Гл.2 –72 с.

2. Изоцианаты [Электронный ресурс]: ПластЭксперт все о пластиках и полимерах. – Москва, 2006. – Режим доступа: <https://e-plastic.ru/slovar/i/izozianatu/>. –Дата доступа: 30.10.2020.

3. Смеси полиизоцианат / полиамин и их использование для производства покрытий из полимочевины: пат. US5516873A США, Sharon D. Hicks, Douglas A. Wicks, Edward P. Squiller; David C. McClurg, Terrell D. Wayt, W. Va.; Robert A. Wade; заявитель: Bayer Corporation; заявл.: Jul. 11, 1994; опубл.:14.05.1996

4. Томас П. Полиуретаны. – Великобритания: SITA Technology, 1999. – 560 с.

5. Бок М. Полиуретаны для лакокрасочных покрытий и защитных покрытий / В. Верлаг. – Ганновер: Мейер-Вестхес, 1999. –38 с.

Научное издание

**КИТАЙСКО-РОССИЙСКИЙ КОНКУРС ИННОВАЦИЙ
И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА**

Материалы конференции-конкурса

(15 ноября - 5 декабря 2020 года)

Выпускающий редактор *О.В. Карманова*
Компьютерная верстка *П.Н. Саввин*

Подписано в печать 30.12.2020. Формат 60×84 1/16.
Усл. печ. л. 7.6. Тираж 100 экз. Заказ 15.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»
(ФГБОУ ВО «ВГУИТ»)
Отдел полиграфии ФГБОУ ВО «ВГУИТ»
Адрес университета и отдела полиграфии:
394036, Воронеж, пр. Революции, 19