

ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE



Проблемы и достижения в науке и технике

Выпуск IX

**Сборник научных трудов по итогам
международной научно-практической конференции
(11 мая 2022 г.)**

г. Омск

2022 г.

**Издатель Инновационный центр развития образования и науки
(ИЦРОН), г. Нижний Новгород**

Проблемы и достижения в науке и технике. / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. №9. г. Омск, – НН: ИЦРОН, 2022. 45 с.

Редакционная коллегия:

доктор технических наук, профессор Аракелян Э.К. (г. Москва), кандидат технических наук Белоусов М.В. (г. Екатеринбург), доктор физико-математических наук, профессор Будагян И.Ф. (г. Москва), доктор технических наук Бунаков П.Ю. (г. Коломна), кандидат технических наук Валеев А.Р. (г. Уфа), доктор технических наук, профессор Высоцкий Л.И. (г. Саратов), профессор, академик МАНЭБ, заслуженный ветеран СО РАН Галкин А.Ф. (г. Санкт-Петербург), кандидат технических наук, доцент Горюнова В.В. (г. Пенза), кандидат педагогических наук Давлеткиреева Л.З. (г. Магнитогорск), доктор технических наук, профессор Дадашев М.Н. (г. Москва), доктор технических наук, профессор Денисов В.Н. (г. Санкт-Петербург), кандидат технических наук Егоров А.Б. (г. Харьков), доктор технических наук, профессор Жуманиязов М.Ж. (Узбекистан, г. Ургенч), доктор технических наук, профессор, заслуженный мелиоратор РФ Заднепровский Р.П. (г. Волгоград), кандидат технических наук Иванов В.И. (г. Москва), кандидат технических наук Ключева И.В. (г. Новосибирск), кандидат технических наук, доцент Корниенко В.Т. (г. Ростов-на-Дону), кандидат технических наук, профессор Куберский С.В. (Украина, г. Алчевск), доктор технических наук, доцент Курганова Ю. А. (г. Москва), кандидат физико-математических наук Лапушкин Г.И. (г. Москва), кандидат технических наук Мостовой А.С. (г. Энгельс), доктор технических наук, профессор Мухуров Н.И. (Белоруссия, г. Минск), кандидат технических наук, доцент Никулин В.В. (г. Саранск), кандидат технических наук, профессор Охрименко О.В. (г. Вологда-Молочное), доктор технических наук, профессор Пачурин Г.В. (г. Нижний Новгород), кандидат технических наук Полонский Я.А. (г. Волгоград), кандидат технических наук Решетняк С.Н. (г. Москва), инженер, аспирант Рычков Е.Н. (Франция, г. Пуатье), доктор химических наук Хентов В.Я. (г. Новочеркасск).

В сборнике научных трудов по итогам IX Международной научно-практической конференции «**Проблемы и достижения в науке и технике**», г. Омск, представлены научные статьи, тезисы, сообщения студентов, аспирантов, соискателей учёных степеней, научных сотрудников, докторантов, специалистов практического звена Российской Федерации, а также коллег из стран ближнего и дальнего зарубежья.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных, не подлежащих открытой публикации. Мнение редакционной коллегии может не совпадать с мнением авторов. Материалы размещены в сборнике в авторской правке.

Статьи, принятые к публикации, размещаются в полнотекстовом формате на сайте eLIBRARY.RU.

Оглавление

СЕКЦИЯ №1.	
ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01).....	6
СЕКЦИЯ №2.	
ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00)	6
<i>AN AUTOMATED SYSTEM FOR OPTIMIZING THE MODES OF SUPERPLASTIC FORMING OF THREE-LAYER CORRUGATED STRUCTURES</i>	
<i>Zharmukhametova A.R., Ganieva V.R.</i>	<i>6</i>
<i>ОБЗОР МЕТОДОВ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ РЕАКЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ СИНТЕТИЧЕСКОГО КАУЧУКА</i>	
<i>А.И. Глимьянова, Ш.Ф. Уразметов.....</i>	<i>10</i>
<i>ОПЕРАТИВНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА</i>	
<i>Г.М. Ямелева, А.П. Веревкин.....</i>	<i>11</i>
СЕКЦИЯ №3.	
ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00).....	16
СЕКЦИЯ №4.	
МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00).....	16
СЕКЦИЯ №5.	
ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00)	16
СЕКЦИЯ №6.	
ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00)	16
<i>АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБЗОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УДАРНОГО РАЗРУШЕНИЯ ПРОЧНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ</i>	
<i>Сенотрусова Т.А., Зедгенизов В.Г.</i>	<i>17</i>
СЕКЦИЯ №7.	
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00).....	24
СЕКЦИЯ №8.	
ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.22.00)	24
СЕКЦИЯ №9.	
АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10)	24
СЕКЦИЯ №10.	
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00)	24

СЕКЦИЯ №11.	
ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00)	24
<i>МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕЧИ В СРЕДАХ UNISIM DESIGN И SIMINTECH ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ В СОСТАВЕ ОБУЧАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ</i>	
<i>Сайфуллин Д.И., Кирюшин О.В.</i>	24
СЕКЦИЯ №12.	
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00)	29
СЕКЦИЯ №13.	
ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00)	29
СЕКЦИЯ №14.	
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00)	29
<i>ПОВЫШЕНИЕ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ СИСТЕМ МНОГОКАНАЛЬНОЙ РАДИОСВЯЗИ НА ОСНОВЕ УПРАВЛЕНИЯ ДИАГРАММОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ СЛОЖНЫХ АНТЕНН</i>	
<i>Кочетков В.А., Шаповалов Я.Д., Солдатиков И.В.</i>	29
<i>МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ АНГИОСКОПИИ ДЛЯ АДРЕСНОЙ ДОСТАВКИ ЛЕКАРСТВ НАНОЧАСТИЦАМИ.</i>	
<i>Сидоренко М. А., Петросьянц В. В.</i>	34
СЕКЦИЯ №15.	
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00)	39
СЕКЦИЯ №16.	
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00) ...	39
<i>КОМПЕТЕНЦИИ ФГОС РФ – ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КУРСА ЛЕКЦИЙ (НА ПРИМЕРЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ХИМИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ»)</i>	
<i>Н.Р. Букейханов, С.И. Гвоздкова, Е.В. Бутримова, В.А. Мкртчян</i>	39
СЕКЦИЯ №17.	
ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12)	42
СЕКЦИЯ №18.	
ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23)	42
СЕКЦИЯ №19.	
НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08)	42
СЕКЦИЯ №20.	
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05)	42

СЕКЦИЯ №21.

МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 09.00.08)	42
ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2022 ГОД	43

СЕКЦИЯ №1.

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01)

СЕКЦИЯ №2.

**ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00)**

AN AUTOMATED SYSTEM FOR OPTIMIZING THE MODES OF SUPERPLASTIC FORMING OF THREE-LAYER CORRUGATED STRUCTURES

Zharmukhametova A.R., Ganieva V.R.

Ufa State Petroleum Technical University (Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia)

e-mail: zharalina1997@gmail.ru

Abstract

In this paper, an automated system is presented that allows optimizing the modes of superplastic molding of three-layer corrugated structures. Corrugated panels are made of three sheets: the initial blank of the structure is a sheet package. The package consists of two sheeting sheets, between which there is a filler sheet. The filler sheet is selectively connected to the sheathing sheets by pressure welding. SPF is carried out by supplying inert gas under pressure between the sheets. In the SPF process, the outer sheets take the form of die matrices, and the filler sheet, stretching between the sheaths, forms stiffeners. One of the serious problems of forming such structures is the possible formation of external folds, as can be seen on the slide. The scientific and technical literature describes the processes of preventing the formation of folds by choosing sheeting sheets with a thickness exceeding the thickness of the filler sheet by 2-3 times. However, in the manufacture of corrugated structures of variable cross-section, for example, hollow fan blades of an aircraft engine, the recommended ratio cannot always be implemented, therefore, the study of the problem of folding is relevant at the moment. In the presented work, in order to reduce the weight of the resulting structures, it is proposed to use a filler thickness equal to the thickness of the skin. The reliability of the results is confirmed by the verification of the results of the developed software by performing calculations in the environment of the ANSYS software package. The calculation error is 2.5%.

Keywords: superplastic forming, ANSYS, titanium alloy, automated system, program.

1. Introduction

The ability of polycrystalline materials to exhibit extremely high elongation of hundreds and thousands of percent at relatively low yield stresses under certain temperature-velocity test conditions is called superplasticity. One of the earliest studies of the phenomenon of superplasticity are the experiments of Henry Treska at the end of the 19th century on the flow of solids [1]. James F. Bell in the book "Experimental Foundations of Solid Mechanics" [2] briefly described these experiments. Most of Cod's experiments were based on lead alloy. The recommended ratio, at which the thickness of the lining is 2-3 times greater than the thickness of the filler, cannot always be realized, since the weight of the product increases, which adversely affects the final result. It follows that it is necessary to study the molding process, in which the thickness of the lining is equal to the thickness of the filler, in order to reduce the weight of the product.

2. Software development

Qt creator is used to write a program, user interface, and calculate stress intensity and strain rate values. Using bpwin, a functional model of an automated system for optimizing the modes of superplastic molding of three-layer corrugated structures was developed. The functional model of the automated system, which is a context diagram, is presented on the figure 1. The model is a computer implementation of a method for determining the modes of superplastic forming of three-layer structures without folding. The figure 2 shows a top-level decomposition scheme consisting of the following blocks: selection of a data set; data entry; calculation of auxiliary parameters; calculation of the deformation value.

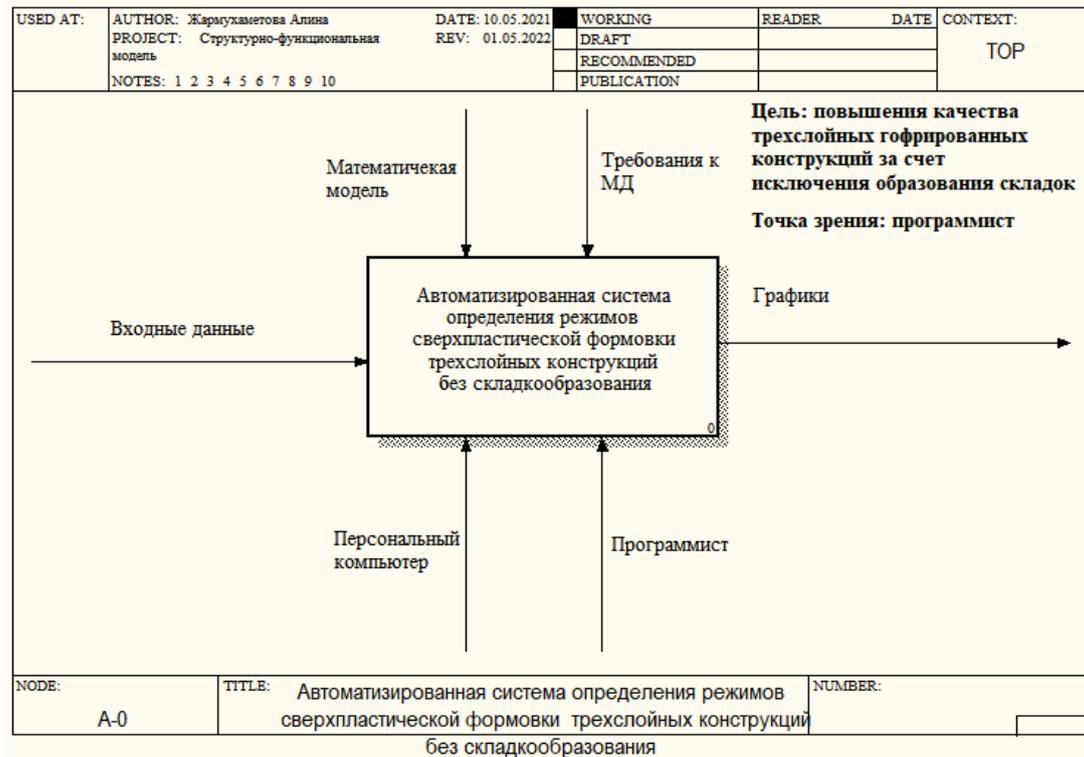


Figure 1 – The functional model of the automated system

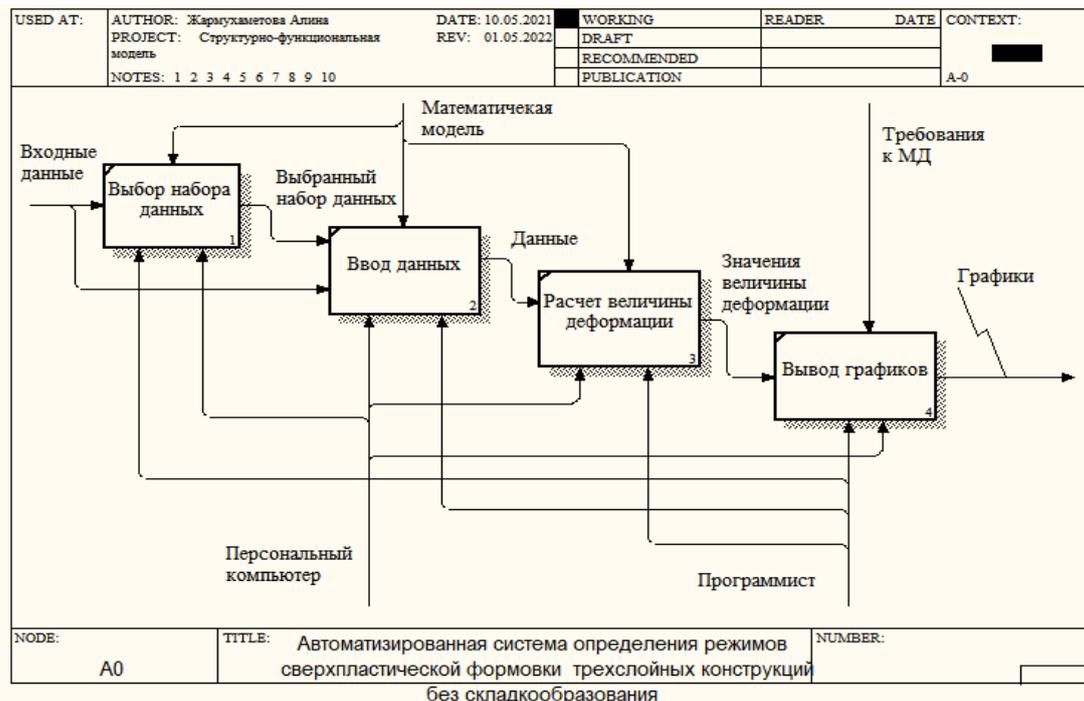


Figure 2 – The top-level decomposition scheme

Experimental data were taken from experimental [3] studies to test the developed software. Studies were conducted for titanium alloy (Ti-6Al-4V). The standard finite element software (ANSYS 10 ED) is used to simulate the superplastic molding of three-layer corrugated structures. The results of finite element modeling are consistent with experimental data for Ti-6Al-4V. The model of the molding process is shown in figure 3, where the following designations are introduced: a – the size of the zone with an anti-diffusion coating (stop material); b – the size of the solid-phase joint zone; H – the current height of the structure; h – the current value of the gap between the cladding and the filler; l – the length of the rib (the length of the corrugation wall); p – is the gas pressure; s is the current thickness of the filler in the edge; s_0 – is the initial thickness of the filler blank; δ – the initial thickness of the skin; φ – the angle of inclination of the walls of the corrugation to the surface of the skin [4].

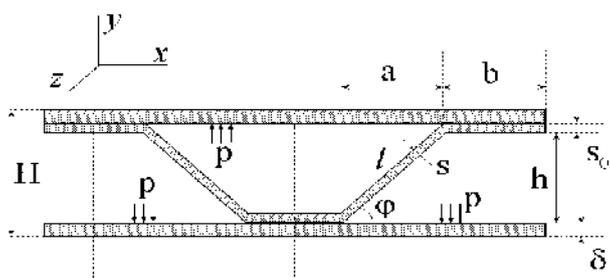


Figure 3 – Scheme of deformation of a three-layer corrugated structure [4]

An automated system for optimizing SPF modes of three-layer corrugated structures has been developed. The user enters the necessary parameters of the model, and the program calculates the values of stress intensity and strain rate (figure 4-5). Time during a normal tensile test. The strain is measured directly on the sample with the calibrated length used to determine the strain rate. Since the deformation is a dimensionless quantity, the velocity is measured in units of inverse time.

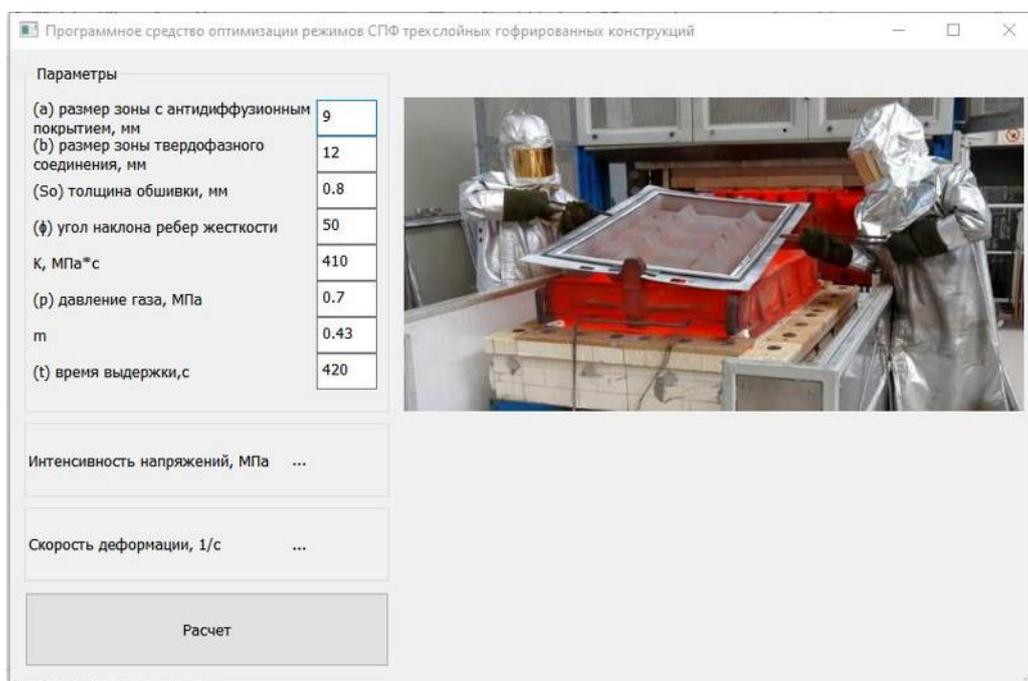


Figure 4 – Interface of the developed program

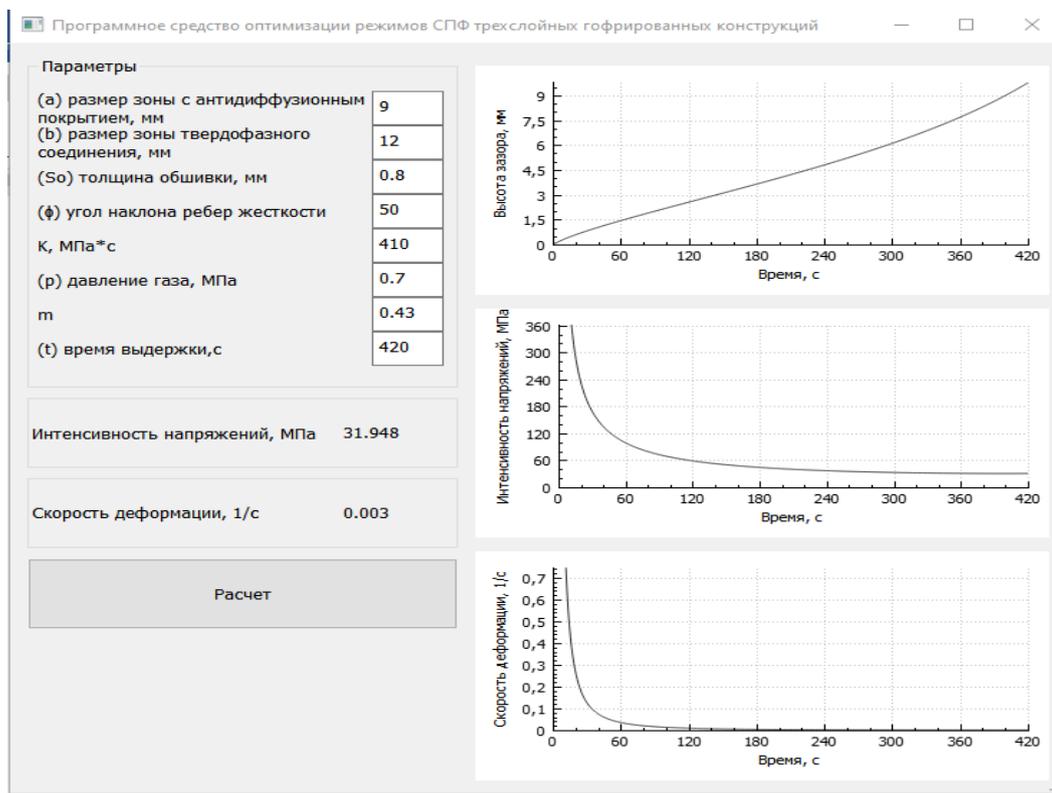


Figure 5 – Results of the program

3. Conclusion

The analysis of the subject area was carried out, the modes of superplastic molding of three-layer structures were studied. The design of the automated system has been carried out. The results are presented in the form of an IDEF0 information model, its decomposition. An additional study of the effect of the initial stage on superplastic molding was carried out. An automated system has been written in which the magnitude of deformation and stress intensity are calculated, as well as the construction of graphs of the dependence of height on time, strain rate on time and stress intensity on time. The results are recorded in a text file. Verification of the results of the developed software was carried out by performing calculations in the environment of the ANSYS software package. The calculation error is 2.5%.

References

- 1 Tresca, H. Memoir on the flow of solid bodies at strong pressures / H. Tresca. – Comptes Rendus de L'Academie des Sciences, 1864. – P. 59.
- 2 Bell, J.F. The Experimental Foundations of Solid Mechanics / J.F. Bell. – Encyclopedia of Physics, 1973. Vol. 1. – P. 1–801.
- 3 Kruglov A.A. Computer simulation of the process of superplastic molds and hollow three-layer structures / A.A. Kruglov // Mechanical engineering technology, 2015. – Vol. 2. – P. 57–62 (in Russian).
- 4 Kruglov A.A., Musina R.S., Enikeev F.U. Calculation of the optimal mode of superplastic molding of three-layer structures with corrugated filler made of titanium alloys / A.A. Kruglov, R.S. Musina, F.U. Enikeev // Forging and stamping production, 2016. – Chapter 7 (in Russian).

ОБЗОР МЕТОДОВ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ РЕАКЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ СИНТЕТИЧЕСКОГО КАУЧУКА

А.И. Глимьянова, Ш.Ф. Уразметов

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа

Основной задачей управления технологическим процессом производства этиленпропиленовых каучуков является достижение требуемого качества продукции. При этом во многих случаях средства оперативного контроля показателей качества продукции отсутствуют или не соответствуют требованиям оперативного управления технологическими процессами в реальном времени.

В такой ситуации возможно использование методов математического моделирования технологических процессов для получения оперативной информации, необходимой для получения зависимости показателей качества от быстро меняющихся характеристик этих процессов. Эти задачи относятся к классу обратных задач или задач параметрической и структурной идентификации.

При описании процессов полимеризации методы математического моделирования можно условно разделить на следующие группы: эмпирические, кинетические, статистические.

Эмпирические методы [1] базируются на идее «черного ящика». Сущность их состоит в статистическом построении, как правило, полиномиальных зависимостей выходных параметров процесса от управляющих величин на основе имеющегося набора данных по измерению этих величин. Методы достаточно эффективны при разработке автоматизированных систем управления, но они не дают возможности экстраполяции полученных закономерностей на другие технологические условия.

В основе кинетических методов [1] лежат кинетические уравнения. Кинетические модели оперируют с макро совокупностью молекул. Такие уравнения содержат информацию об основных закономерностях протекания кинетических превращений, являются первоосновой математической модели химического процесса и определяют не только выбор реактора, но и позволяют подойти к расчету оптимальных технологических параметров.

Статистические методы [1] применяются при описании процесса образования индивидуальной молекулы, но при моделировании реальных технологических процессов необходимо дополнительное привлечение кинетических методов, без которых невозможно вычисление количественных и качественных характеристик процесса полимеризации.

При построении статистической модели процесса полимеризации этиленпропиленовых каучуков используются теоретические методы [2] и экспериментальные. Хотя теоретические исследования уже проведены для широкого класса растворной полимеризации, сополимеризация этилена с пропиленом до последнего времени изучалась в основном экспериментально [2]. В некоторых моментах могут быть использованы результаты лабораторных исследований процесса [2], однако такие результаты являются характеристикой скорее качественного протекания процесса, чем его количественной мерой.

Традиционные системы контроля и регулирования локальными средствами автоматического контроля и управления позволяют осуществлять стабилизацию отдельных параметров процесса: температура, расход и т.п. Однако такие системы не предусматривают управление по качественным показателям. Действующая система управления технологическим процессом в производстве синтетического каучука непрерывным способом осуществляет функции управления технологическими параметрами, при этом основной недостаток указанных систем – это отсутствие подсистем автоматического управления качественными показателями

технологического процесса. Кроме того, не учитываются перекрестные связи в объекте управления, наличие которых является характерным свойством процесса полимеризации.

Как правило, определение качественных показателей синтетических каучуков осуществляется с помощью лабораторных методов, таких как титрование, высушивание, спектрофотометрия и т.д.

В частности при определении важнейшего качественного показателя этиленпропиленового каучука, вязкости по Муни, также в основном используются лабораторные методы [3].

Известны различные методы, измерения динамической вязкости, при этом наибольшее распространение получили вискозиметрические методы, с помощью которых можно достаточно точно осуществлять непрерывный контроль технологического процесса полимеризации [3].

На практике в процессах непрерывной полимеризации получил распространение контроль качественных показателей с использованием косвенных параметров. То есть для косвенного измерения показателя качества используются физико-химические характеристики среды и различные параметры технологического процесса, что позволяет построить систему автоматического контроля для действующего производства синтетического каучука с использованием математических моделей и осуществлять контроль качественных показателей в режиме реального времени.

Список использованных источников

[1] Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 1991.– 400 с.

[2] Шувалов В.В., Огаджанов Г.А., Голубятников В.А. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. 3-е изд. - М.: Химия, 1991 — 480 с.

[3] Бугранов Т.Г. Совершенствование технологии производства СКЭПТ. -канд. дисс – Казань. КГТУ. 2005. – 104 с.

ОПЕРАТИВНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА

Г.М. Ямелева, А.П. Вережкин

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г.Уфа

Аннотация: Рассмотрен метод адаптивной идентификации динамической модели объектов на основе анализа временных реализаций для целей адаптации настроек типовых регуляторов.

Ключевые слова: Идентификация, временной ряд, модели, время дискретизации, адаптация.

В настоящее время к проблемам адаптивного управления и идентификации динамических объектов уделяется большое внимание [1-3]. Однако не решенными остаются вопросы выбора методов идентификации в связи со скоростью адаптации моделей и их адекватностью.

Цель работы – анализ некоторых подходов к коррекции параметров моделей объектов управления (ОУ) с учетом временной задержки, которая связана с накоплением информации, необходимой для проведения процедур коррекции.

Для оперативной адаптации настроек типовых регуляторов наиболее часто используются модели объектов в виде инерционного звена первого порядка с запаздыванием

$$W = \frac{K}{Ts + 1} * e^{-\tau t}, \quad (1)$$

где K – коэффициент усиления, T – постоянная времени объекта.

Процедура идентификации модели проводится на основе анализа временных рядов, получаемых при работе автоматической системы регулирования (АСР): $Y(t)$ – выходной величина объекта и $X(t)$ – входной величины (управляющего воздействия). На основе кросс-корреляционного анализа оценивается величина лага $Y(t)$ относительно $X(t)$ [7]. Эту процедуру можно провести перед началом процедуры идентификации только один раз, поскольку запаздывание, как правило, для большинства объектов не изменяется даже при наличии нелинейности и не стационарности. Определение лага позволяет «сдвинуть» временной ряд $Y(t)$ на время запаздывания τ , то есть в качестве выхода объекта фактически используется временной ряд $Y_\tau(t) = Y(t-\tau)$, но для удобства изложения индекс « τ » в дальнейшем опускается, и таким образом рассматриваются передаточная функция (ПФ) и дифференциальное уравнение (ДУ) вида:

$$W = \frac{K}{Ts+1} \rightarrow T \frac{dY}{dt} + Y = kX. \quad (2)$$

На основе ДУ можно записать разностное уравнение (РУ). Значение выхода y на $(i+1)$ шаге:

$$Y_{i+1} = Y_i * \left(1 - \frac{r}{T}\right) + K * X_i * \frac{r}{T} \quad (3)$$

где Y_i, X_i – выходное и входное воздействие на i -ом шаге, r – шаг квантования по времени, $i=1,2, \dots$

Из уравнения (3) можно получить выражения для оценки параметров K, T модели $M: K^M$ и T^M соответственно на основе измеренных значений переменных Y_i, X_i получаем:

$$K^M = \frac{Y_i - a * Y_{i+1}}{X_i - a * X_{i+1}}, \quad (4)$$

$$T^M = \frac{r * (K * X_i - Y_i)}{\Delta Y_i}, \quad (5)$$

$$\text{где } a = \frac{\Delta Y_i}{\Delta Y_{i+1}},$$

$\Delta Y_i = Y_{i+1} - Y_i$ – разность между следующим и предыдущим шагом.

На рисунке 1 представлена зависимость выходного сигнала с ОУ при $K=2$ и $T=15$ от сигнала управления с 10% уровнем шума.

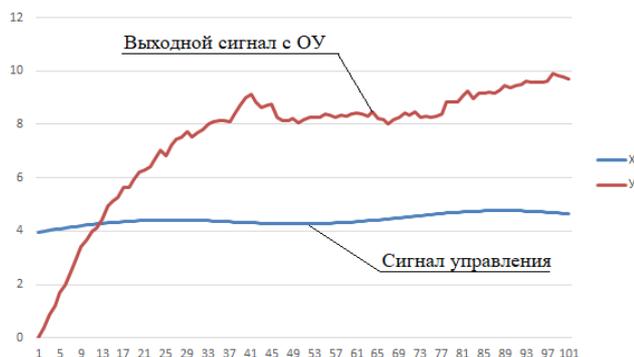


Рисунок 1 – Зависимость входного сигнала от выходного сигнала с 10% уровнем шума.

Рассматривается установившийся режим эксплуатации автоматической системы, которому соответствуют отсчеты приблизительно с 40-й точки.

Для определения K^M и T^M можно использовать несколько вариантов обработки данных, полученных на реальном объекте, для которых характерно наличие трендовых и случайных составляющих. На рисунке 2 представлены возможные схемы оценки параметров.

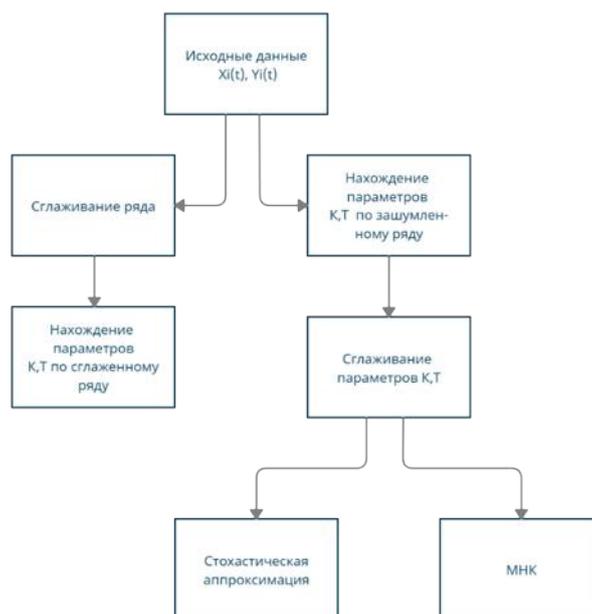


Рисунок 2 – Схема оценки параметров K, T

Первый вариант – определение параметров K^{M1} и T^{M1} происходит по сглаженному ряду по двум отсчетам Y_i , Y_{i+1} и X_i в соответствии с (4) и (5). Одним из наиболее широко применяемых является метод экспоненциального сглаживания [4]. Особенностью данного метода заключается в том, в процедуре выравнивания каждого наблюдения используется только значения предыдущих отсчетов, взятых с определенным весом. Относительный вес каждого наблюдения уменьшается по экспоненте по мере его удаления от момента, для которого определяется сглаженное значение.

Сглаженное значение S_t ряда $y_i(t)$ на момент времени t определяется по формуле (6)

$$S_t = \alpha * y_i(t) + (1 - \alpha) * S_{t-1} \quad (6)$$

где α – весовое значение.

Выбор лучшего параметра α зависит от процесса, в частности соотношения составляющих «шум – полезный сигнал» и рабочих частот полезного сигнала и шума.

На рисунке 3 представлены результаты экспоненциального сглаживания при $\alpha=0,3; 0,6; 0,9$ при 10% уровне шума с шагом дискретизации $\theta=1$.

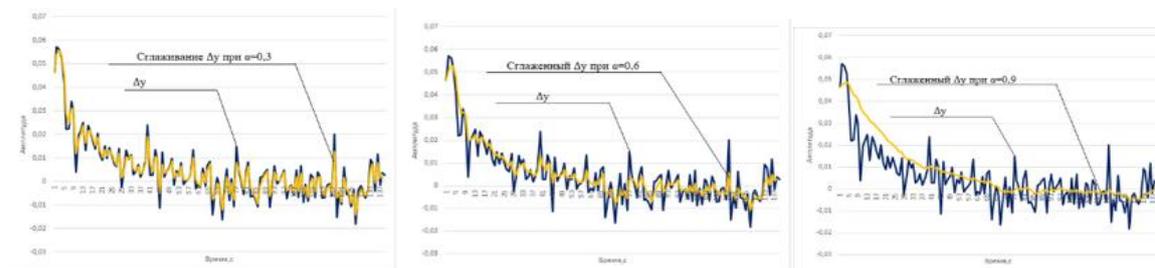


Рисунок 3 – Результаты экспоненциального сглаживания

при $\alpha=0,3; 0,6; 0,9$ при 10% уровне шума

На рисунках 4,5 представлены расчетные значения (оценки) параметров K^{M1} и T^{M1} при уровне шума 10% при различных α на разных интервалах временных рядов.

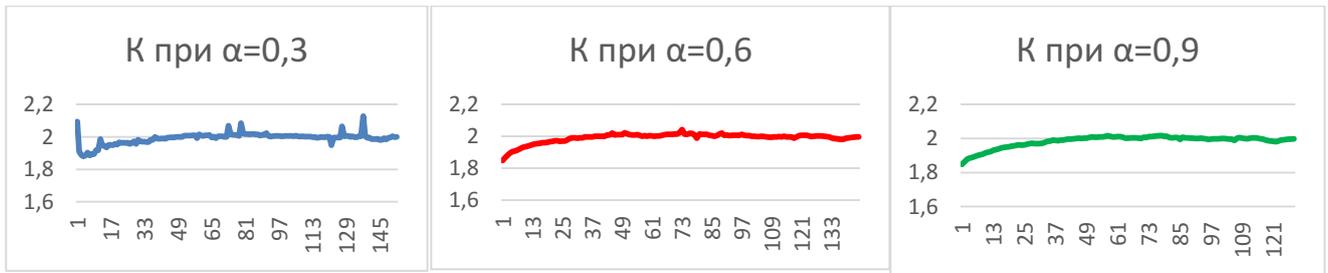


Рисунок 4 – Изменение параметра K^{M1} при $\alpha=0,3; 0,6; 0,9$
при 10% уровне шума

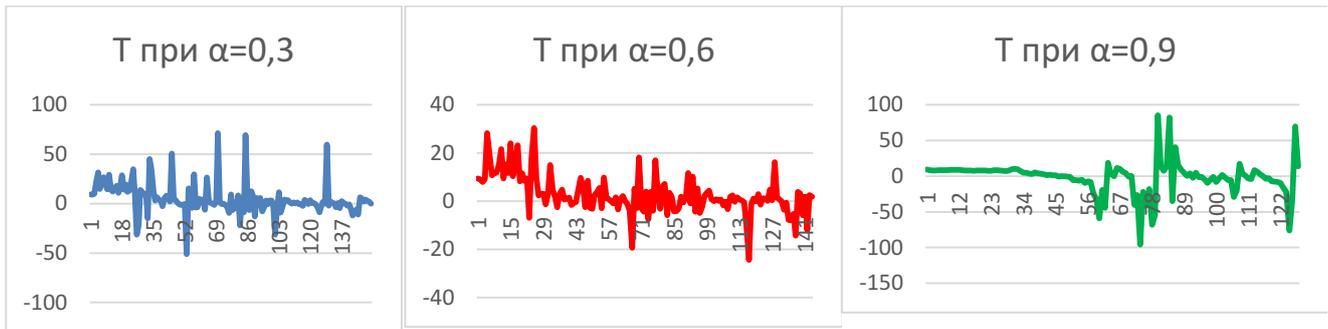


Рисунок 5 – Изменение параметра T^{M1} при $\alpha=0,3; 0,6; 0,9$
при 10% уровне шума

На рисунках 6,7 представлены расчетные значения (оценки) параметров K^{M1} и T^{M1} при уровне шума 5% при различных α на разных интервалах временных рядов.

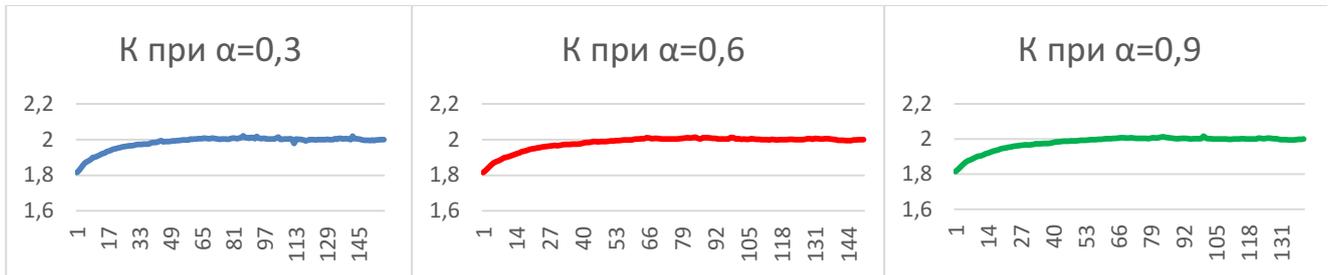


Рисунок 6 – Изменение параметра K^{M1} при $\alpha=0,3; 0,6; 0,9$
при 5% уровне шума

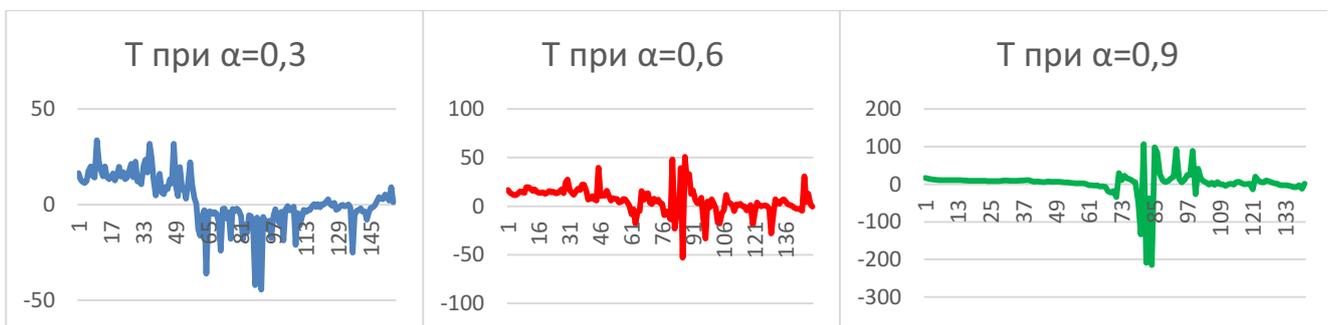


Рисунок 7 – Изменение параметра T^{M1} при $\alpha=0,3; 0,6; 0,9$
при 5% уровне шума

В таблице 1 представлены усредненные значения параметра T^{M1} после фильтрации выбросов (промахов).

Таблица 1. Усредненные значения параметра T^{M1} для различных α на разных интервалах временных рядов

При 5% шуме	При 10% шуме
-------------	--------------

$T_{вcp}$ при $\alpha=0,3$	$T_{вcp}$ при $\alpha=0,6$	$T_{вcp}$ при $\alpha=0,9$	$T_{вcp}$ при $\alpha=0,3$	$T_{вcp}$ при $\alpha=0,6$	$T_{вcp}$ при $\alpha=0,9$
13,276	13,668	14,435	12,581	8,882	8,325735
12,214	12,399	13,173	18,135	13,602	8,041398
13,285	12,229	12,186	19,621	16,058	8,009468
15,286	12,948	11,584	23,111	16,774	8,135159
16,176	13,637	11,227	24,23	17,358	8,355293

Второй вариант – это определение параметров K^{M2} и T^{M2} по зашумленному ряду по двум отсчетам Y_i , Y_{i+1} и X_i в соответствии с (4) и (5).

На рисунка 8,9 представлены результаты представлены расчетные значения (оценки) параметров K^{M2} и T^{M2} при уровнях шума 2%,5%,10%.

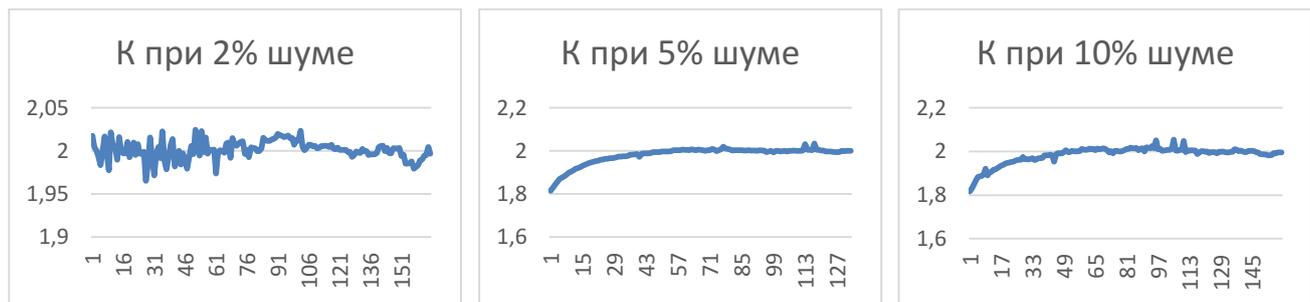


Рисунок 8 – Изменение параметра K^{M2} при 2%, 5%, 10% уровнях шума

Видно, что значения K^{M2} оцениваются достаточно устойчиво для всех вариантов α , в то время как значения T^{M2} на некоторых интервалах имеют большие отклонения от среднего. Анализ причин этого эффекта показал, что это связано с близостью значений $(Y_{i+1} - Y_i)$ к нулю в (5). Теоретически возможно даже деление на ноль. Поэтому в процедуру оценки T необходимо внести условие: если $|Y_{i+1} - Y_i| < \delta$, то расчет T не производится, где δ – малое число, например, $\delta=0.05 \cdot Y_i$. Соответствующий отсчет рассматривается как промах.

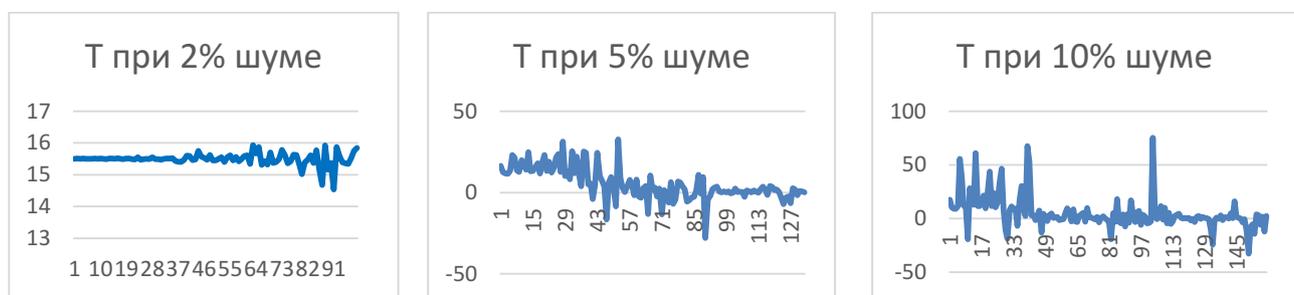


Рисунок 9 – Изменение параметра T при 2%, 5%, 10% уровнях шума

В таблице 2 представлены усредненные значения параметра T^{M2} при различных уровнях шума.

Таблица 2. Усредненные значения параметра T^{M2} при различных уровнях шума на отдельных интервалах времени

К при 2% шуме /Т при 2% шуме	К при 5% шуме /Т при 5% шуме	К при 10% шуме /Т при 10% шуме
1,9971 /15,50749	1,835546 /13,10278	1,84091 /11,6581
1,9954 /15,50654	1,849359 /12,3093	1,857524 /10,09809
1,997 /15,50511	1,861338 /14,94041	1,871051 /21,41963
1,9977 /15,50355	1,870984 /17,40338	1,880715 /28,90955
1,9988 /15,50329	1,88632 /17,92895	1,88777 /29,6756

Выводы:

1. Предложенная процедура оценки дает удовлетворительные результаты оценки параметров при уровнях шума до 2%: погрешность оценки коэффициента усиления в среднем не превышает 1%, погрешность оценки постоянной времени – 3%; при уровне шума 5% эти погрешности вырастают до 7% и 18% соответственно;

2. Результаты расчетов по сглаженным и исходным временным рядам, при условии, что устранены «промахи», практически одинаковые, поэтому целесообразно проводить сглаживание оценок параметров, а не временных рядов.

3. При низких (до 5%) уровнях шума результаты оценки параметров объекта вполне годятся для оперативной настройки регуляторов.

Список использованной литературы

1. Ovcharenko V.N. Adaptive parameter identification in dynamical and static systems // Automation and Remote Control. – 2011. – Vol. 72, N 3. – P. 570–579.
2. Druzhinina M.V., Nikiforov V.O., Fradkov A.L. Methods of nonlinear adaptive control with respect to the output // Automation and Remote Control. – 1996. – Vol. 57, N 2. – P. 153–176.
3. Тюкин И.Ю., Терехов В.А. Адаптация в нелинейных динамических системах. – М.: ЛКИ, 2008. – 384 с.
4. Орлова И.В., Половников В.А. Экономико-математические методы и модели: компьютерное моделирование / Орлова И.В., В.А. Половников. – М.: Вузовский учебник, 2007. – 365 с.
5. Александров А.Г. Оптимальные и адаптивные системы / А.Г. Александров. - М.: Высшая школа, 1989. - 263 с.
6. Бобцов А.А. Адаптивное и робастное управление неопределенными системами по выходу. – СПб.: Наука, 2011.– 174 с.
7. Глущенко А.И. Об интеллектуальной адаптации параметров ПИД-регулятора для снижения энергопотребления управляемого процесса / Ю.И.Еременко, А.И.Глущенко, Д.А.Полеценко // Научные ведомости БелГУ. а. – 2013. – № 22. – С.210-217.

СЕКЦИЯ №3.

ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00)

СЕКЦИЯ №4.

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00)

СЕКЦИЯ №5.

ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00)

СЕКЦИЯ №6.

ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00)

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБЗОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УДАРНОГО РАЗРУШЕНИЯ ПРОЧНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Сенотрусова Т.А., Зедгенизов В.Г.

ИРНИТУ, РФ, г. Иркутск

Ударный способ разрушения прочных материалов является одним из наиболее перспективных как по производительности, так и по удельным энергозатратам. В таблице 1 приведены сравнения показателей ударного разрушения с другими технологиями [2].

Таблица 1

Удельная энергоёмкость различных технологий разрушения горных пород

№ п/п	Технология разрушения	Удельная энергоёмкость разрушения, Дж/см ³
1	Разрушение ультразвуком	10104
2	Разрушение водяными струями	1684
3	Ударное разрушение маломощными механизмами	253
4	Разрушение шарошечным инструментом	126-253
5	Разрушение мощным ударом (со скоростью удара до 10 м/с)	17-25
6	Разрушение взрывом (удар со скоростью 700-900 м/с)	6

Большинство исследователей ставят своей целью установить влияние отдельных параметров процесса ударного разрушения на его эффективность. В качестве критерия эффективности приводится показатель энергоёмкости процесса.

Влияние скорости удара на энергоёмкость процесса разрушения исследовалось многими авторами, однако общего мнения по указанному вопросу не выявлено. Одни исследователи [7,9] утверждают, что с повышением скорости приложения нагрузки объёмная энергоёмкость ударного способа разрушения горных пород уменьшается, другие [3] отстаивают прямо противоположную точку зрения; третьи считают, что скорость приложения нагрузки не влияет на показатели процесса ударного разрушения горных пород [10,11]. По ряду исследований получен вывод, что кривая зависимости удельной энергоёмкости от скорости приложения нагрузки характеризуется наличием точки перелома, в которой зависимость меняет свой знак на обратный.

Анализ выполненных исследований позволил сделать вывод о том, что влияние скорости приложения нагрузки на эффективность динамического разрушения горных пород уменьшается при увеличении энергии удара, а эффективность применения динамического способа разрушения прочных строительных материалов возрастает с переходом к более высокой прочности [3].

Зависимость энергоемкости процесса динамического разрушения от количества ударов рассматривается в [4,5,6]. Предварительными исследованиями установлено, что при воздействии повторных ударных нагрузок закономерности изменения удельной энергоемкости разрушения в зависимости от различных параметров качественно подобны соответствующим закономерностям, полученным при одиночном ударе. При этом энергия единичного удара, необходимая для разрушения материала при повторном режиме, оказалась несколько меньшей, чем при режиме разрушения одиночным ударом. Удельная энергоемкость разрушения осталась при этом примерно на прежнем уровне.

Исследования показали также, что для каждой совокупности условий разрушения существует свое оптимальное значение частоты ударов, при которой показатели объемной и поверхностной энергоемкости минимальны. Кроме того, недостаток энергии отдельного удара при разрушении не может компенсироваться их числом.

Наиболее существенным фактором, определяющим эффективность разрушения прочных строительных материалов ударным способом, является величина энергии единичного удара.

Экспериментальными исследованиями [3] установлено, что величина удельной энергоемкости ударного разрушения по мере увеличения энергии единичного удара уменьшается по параболической зависимости. Существует некоторая предельная максимальная величина энергии единичного удара, зависящая от физико-механических свойств разрушаемой среды. После достижения этой величины удельная энергоемкость перестает снижаться и остается постоянной величиной.

Кроме того, оптимальная величина энергии единичного удара прямо пропорциональна крепости разрушаемого материала, а с увеличением энергии единичного удара влияние геометрии рабочего инструмента на показатели динамического разрушения уменьшается.

При ударном приложении нагрузки наиболее вероятен процесс разрушения с формированием и развитием хрупкой трещины, выступающей в роли очага напряжения, возникающего в наиболее опасном сечении и, в конечном итоге, приводящего к разрушению материала. В связи с указанным подходом весьма важное значение приобретает оценка физико-механических свойств разрушаемых материалов.

Исследования показывают, что для успешного дробления негабаритов с заданными размерами и физико-механическими свойствами энергия единичного удара дробящей машины должна быть выше некоторой предельной величины $A_{мин}$. В противном случае энергоемкость процесса может резко возрасти, что приведет к снижению эффективности дробления. Предельное значение энергии единичного удара зависит от того, каким образом получена заданная энергия удара: за счет увеличения скорости ударной части или ее массы. Эксперименты показывают, что машина с энергией удара 15 кДж при 20 ударах в минуту оказывается по производительности разрушения в несколько раз более эффективной, чем машина такой же мощности, но с энергией удара 150 Дж при 2000 ударах в минуту.

Для определенных размеров негабаритов масса навесного оборудования тоже должна быть не менее некоторой предельной величины. В противном случае даже при большой энергии единичного удара (больше $A_{мин}$) процесс разрушения прочных строительных материалов может попасть в переходную область.

После превышения машиной значения $A_{мин}$ энергоемкость дробления остается практически постоянной. Следовательно, можно утверждать, что с увеличением энергии единичного удара происходит рост производительности процесса дробления.

В работе [8] выявлены взаимосвязи элементов ударной системы «ударник - инструмент - негабарит - основание»:

- зависимость амплитуды, формы и длительности ударного импульса от динамических параметров ударной системы;

- влияние параметров ударной системы на степень использования энергии удара.

Установлено, что основными технологическими параметрами, определяющими эффективность процесса разрушения негабарита, являются шаг отбойки и глубина внедрения инструмента. Величина шага отбойки обуславливает характер отбойки кусков (скол или выкол), объем отбитого куска и затраты энергии на образование новой поверхности.

Зависимость между объемом отбитого куска и шагом отбойки имеет сложный характер.

При проявлении пластических свойств породой рабочий инструмент необходимо внедрить на большую глубину, что позволит разорвать связи между частицами минерального скелета и вызвать прогрессирующее разрушение негабарита.

Таким образом, изменяя размеры и форму наконечника инструмента, можно регулировать распределение энергии между зонами разрушения - ядром уплотнения и отбиваемым куском.

В [1] определены зависимости энергии удара, необходимой для разрушения, от размеров негабарита, прочности материала и угла заострения инструмента. Наибольшее влияние на энергию удара оказывают высота негабарита и угол заострения инструмента, причем их влияние нарастает в квадратичной зависимости. Ширина и прочность негабарита связаны с энергией удара прямо пропорциональной зависимостью.

Рациональными параметрами навесного оборудования являются такие, сочетание которых выводят двигатель базовой машины на режим максимальной мощности. Разработан типоразмерный ряд, области рационального использования которого определяются прочностными свойствами материала и размерами негабарита в поперечнике.

В силу ряда объективных преимуществ в настоящее время для разрушения прочных строительных материалов применяют гидромолоты, навешиваемые в качестве сменного рабочего органа на гидравлические экскаваторы. При этом нет технических ограничений для навески гидромолотов на экскаваторы с рабочим оборудованием «обратная» или «прямая лопата» [12].

Перечень российских производителей гидромолотов достаточно велик - ФГУП «СибНИИСтройдормаш» из Красноярска (ГПМ-120), ЗАО «Невьянский машиностроительный завод», ОАО «ТВЭКС» (МГ-300, МГ-300.20), ООО «Златоустовский экскаваторный завод «Златэкс», бывший «Булат» (ГПМ-200)

Из зарубежных фирм следует выделить: Atlas Copco AB и Krupp Verco Bautechnik - мировых лидеров в области производства гидромолотов. Кроме того, известные фирма Caterpillar Impact Product Ltd, британская компания JCB, финская компания Rammer и др [15].

Гидромолоты отличается достаточно широкой областью применения и используется для разрушения мерзлого грунта, железобетонных и бетонных конструкций, вскрытия асфальтобетонных покрытий, а также при разработке скальных пород [13].

На рис. 1. представлена продукция Atlas Copco и фирмы Rammer (Финляндия), в табл. 2 - технические характеристики отечественных гидромолотов.

Из приведенных характеристик следует, что энергия удара гидромолотов находится в пределах 1200...9000 Дж, а частота – 180...300 уд/мин.

Таким образом, существующие конструкции гидромолотов являются высокочастотными: с малой энергией единичного удара и большой частотой. Это приводит к местному разрушению материала в непосредственной близости от инструмента и при длительном приложении высокочастотной нагрузки

инструмент постепенно погружается в материал, образуя чаще всего углубление или отверстие, а не разрушение негабарита.



Рис. 1 Продукция фирмы Atlas Copco и фирмы Rammer

Таблица 2

Технические характеристики отечественных гидромолотов

Модель гидромолота	Применяемость на отечественной и импортной технике	Масса экскаватора, т	Масса гидромолота, кг	Энергия удара, Дж	Частота ударов, уд/мин

ГПМ-120	ЭО-2621	5-12	300	1220	до 180
ГПМ-200	ЭО-2621	6-12	380	2000	до 250
Д-800	ЭО-5124, ЭО5126, ЭО-5225, ЭО-6123	30-50	2500	8000	до 300
СП-62ХЛ	ЭО-4121...4225	24-45	2100	9000	до 190
МГ-120	ЭО-2621В(В2), МТЗ, ЮМЗ, ТО-49, "Амкадор 702Е", ЭО-2626LEX	5-12	300	1200	до 180
МГ-300	ЭО-3322, ЭО-3322А, ЭО-33211, ЕК-12, ЕК-14, ЕК-18, ЕТ-14, ЭО-4321	12-25	950	3000	до 300
МГ-300У (безсухарный)	ЭО-3322, ЭО-3322А, ЭО-33211, ЕК-12, ЕК-14, ЕК-18, ЕТ-14, ЭО-4321	12-25	950	3000	до 300
МГ-450	ЭО-33211, ЕК-18, ЕТ-16, ЕТ-18, ЕТ-25, ЭО-5126, ЭО-4121, ЭО-4224, ЭО-4225, ЕК-270	18-26	1100	3500-4000	до 270
МГ-550	ЭО-5126(ВЭКС), ЭО-5126(УВЗ), ЭО-5124, ЭО-5225, ЭО-4124...4225, ЕТ-25, КАТО, Hitachi, Volvo, Komatsu и пр.	20-38	1800	4500-5500	до 320
МГ-300	ЭО-3323	12-25	950	3000	до 300

Установка с дизель-молотом (рис.2), предназначена для дробления негабаритных кусков породы, разрушения шлаков, бетонных и строительных конструкций, вскрытия асфальтовых покрытий, рыхления мерзлоты и т.д.



Рис. 2 Установка для разрушения негабаритов фирмы «Строймаш» (г. Стерлитамак)

Установка состоит из транспортной базы, в качестве которой могут использоваться самоходные гусеничные и колесные экскаваторы и трактора (отечественного и иностранного производства) и дизельного молота.

Применение данной установки позволяет механизировать процесс разделки негабаритов и исключить буровзрывные работы. Маневренность установки обеспечивает экономичность использования на рассредоточенных малых площадях и в стесненных условиях.

В таблице 5 представлены технические характеристики установки фирмы «Строймаш».

Таблица 5

Технические характеристики установки для разрушения негабаритов фирмы «Строймаш»

Технические параметры	
Шасси	ЭО-3322 (3326,5024), МТЗ-82 другие марки самоходных экскаваторов и тракторов
Управление	дистанционное
Навеска ударная — штанговый молот	ДМ-240 (СП60), СП60А
Навеска ударная — трубчатый молот	СП74, СП75А, СП76А другие марки дизельных молотов
Энергия удара, кДж	1,75(СП60), 14 (СП74), 29,0 (СП75А), 42,0 (СП76А)
Манипулятор	Телескопический
Масса навесного оборудования, кг	400 (СП60А, СП60), 1500 (СП74), 2700 (СП75А), 3850 (СП76А)

Фирма Fractum производит самый большой и мощный молот в мире (рис. 3) и является лидером в разрушении. Энергия удара Fractum составляет более 400 кДж при частоте 7 ударов в минуту, что превосходит энергию удара самых больших гидравлических молотов в 15-30 раз. Молот монтируется на экскаваторы весом 65 тонн и выше [15].



Рис. 3 Молот фирмы Fractum

Анализ выполненных исследований позволил сделать следующие выводы:

1. Проблема разрушения прочных строительных материалов продолжает оставаться актуальной. Из известных беззрывных способов наименее энергоемким является способ ударного разрушения.
2. Выполненные исследования в области ударного взаимодействия инструмента с негабаритом направлены на определение влияния отдельных параметров на эффективность процесса. Установлено, что энергия единичного удара является одним из основных параметров процесса, при этом эффективней наращивать энергию удара за счет увеличения массы и размеров по сравнению со скоростью инструмента.
3. Существующие конструкции машин для ударного разрушения прочных строительных материалов выполнены, в основном, в виде сменного рабочего оборудования к одноковшовым гидравлическим экскаваторам, которые обладают автономностью, относительной мобильностью и высокой степенью свободы рабочего оборудования. При этом базовые машины существенно различаются по своим габаритно-весовым и мощностным характеристикам, оказывающим влияние на параметры навесного оборудования. В связи с этим необходима разработка типоразмерного ряда навесного оборудования, соответствующего размерной группе экскаватора.
4. В настоящее время развитие ударных машин идет по пути повышения энергии единичного удара.

Список используемых источников

1. Аль-саккаф Халед Саед Таха. Рациональные параметры навесного оборудования для ударного разрушения негабаритов горных пород: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.06 / Аль-саккаф Халед Саед Таха. –Иркутск, 2014.– 131 с.
2. Бажал, А. И. и др. Сущностный анализ технологий разрушения твердых тел / А. И. Бажал и др. // Материалы уральской горнопромышленной декады (14-23 апреля , 2008 г.).
3. Барон, Л.И. Экспериментальные исследования процессов разрушения горных пород ударом / Л. И. Барон, Г. М. Веселов, Ю. Г. Коняшин.– М.: АН СССР, 1962. – 217 с.
4. Берсенева, В. С. Влияние ударной нагрузки на эффект разрушения угля: дис.... канд. Ленингр. Горн. Ин-т. 1952.
5. Берсенева, В. С. Разрушение углей ударом / В. С. Берсенева. Записки Ленингр. Горн. Инст-та. Гидромеханизация горных работ . 1959.
6. Геронтьев, В. И. Некоторые итоги исследования разрушения углей в массиве ударной нагрузкой. Сб. Вопросы разрушения и давления горных пород / В. И. Геронтьев, Я. Б. Кальницкий, В. С. Берсенева.– Углетехиздат. 1955.
7. Деформационные свойства горных пород при высоких давлениях и температурах / Л. А. Шрейнер, Н. Н. Павлова, Б. В. Байдюк, В. М. Якушев, Т. Н. Портнова.– М: «Недра», 1968. –358 с.
8. Набуллин Р. Ш. Анализ и разработка конструктивной схемы оборудования для вторичного дробления горных пород: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.06 / Набуллин Рустем Шафкатович.– Екатеринбург, 2008.– 104 с.
9. Новые методы разрушения и механика горных пород: сборник научных трудов / Академия наук украинской ССР институт геотехнической механики; под ред. Б. Д. Алымов [и др.].– Киев: Наукова Думка. – 1981.–188 с.
10. Севастьянов, В. С. Исследование процесса ударного разрушения крепких горных пород применительно к исполнительному органу проходческого комбайна. Канд. диссер. ВУГИ. 1958.

11. Тимофеев, О. В. Исследование разрушения горных пород крупным сколом при ударном приложении нагрузки. Канд. диссер. Ленингр. Горн. Ин-т. 1956.
12. http://www.sgb.com.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=95:ryda&catid=2:gornoe-delo&Itemid=4
13. <http://www.promsors.ru/pages/page34.html>.
14. <https://www.mrmz.ru/article/v107/article1.htm>
15. <http://tbm-dnepr.com.ua/fractum.html>.

СЕКЦИЯ №7.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00)

СЕКЦИЯ №8.

ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.22.00)

СЕКЦИЯ №9.

АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10)

СЕКЦИЯ №10.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00)

СЕКЦИЯ №11.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕЧИ В СРЕДАХ UNISIM DESIGN И SIMINTECH ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ В СОСТАВЕ ОБУЧАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ

Сайфуллин Д.И., Кирюшин О.В.

УГНТУ, РФ, г. Уфа

Введение

Нефтегазовая отрасль отличается сложными технологическими процессами, аварии на которых приводят к значительным экономическим и экологическим потерям, не говоря о человеческих жертвах. Согласно последним анализам материалов расследования аварий на объектах, проведенным Ростехнадзором, видно, что в 30 % случаев они были вызваны низкой квалификацией персонала, наличием на ответственных рабочих местах лиц, не имеющих профессиональной подготовки.

Использование имитационных тренажерных комплексов позволяет повысить профессиональный уровень оперативного и технологического персонала отрасли, дать необходимый практический опыт – доводить до автоматизма навыки управленческого воздействия на технологический процесс и алгоритм действий в аварийных ситуациях без опасности нарушения реального технологического процесса, не прибегая к экспериментам на реальных объектах.

1 Разработка имитационной модели печи

Ставится задача разработки имитационной модели процесса гидроочистки бензина. Цель данного моделирования состоит в воспроизведении поведения исследуемой системы на основе результатов анализа

наиболее существенных взаимосвязей между ее элементами. В связи с тем, что статистические данные отсутствуют, была построена строгая математическая модель для определения передаточных функций и построения имитационной модели.

Для построения использовался комплекс UniSim Design R460.1 разработки корпорации Honeywell.

1.1 Построение модели трубчатой печи в UniSim Design

Система UniSim Design имеет графический интерфейс, позволяющий формировать схемы непосредственно на экране компьютера, выбирая элементы из списка и соединяя их в определенном порядке. Этот интерфейс называется окном PFD (Process Flowsheet Diagram, технологическая схема). Полученная схема представлена на рисунке 1.1.

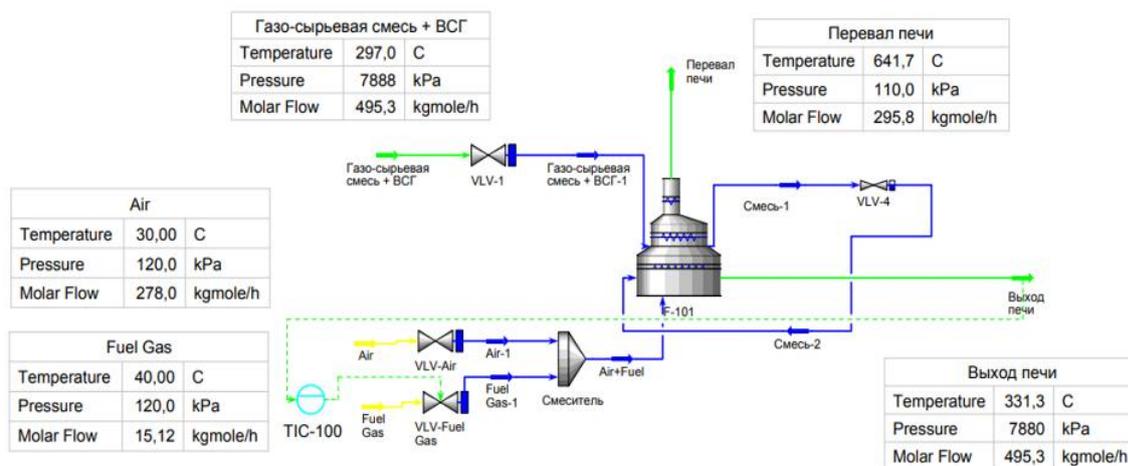


Рисунок 1.1 – PFD схема печи F-101

Ниже приведена таблица 1.1 по полученным экспериментам. Первому эксперименту соответствует начальный режим работы без возмущений. А седьмому эксперименту соответствует одновременное изменение всех входных параметров.

Таблица 1.1 – Полученные данные экспериментов

Название эксперимента	$T_{\text{входа}}, ^\circ\text{C}$	$F_{\text{топлива}}, \text{м}^3/\text{ч}$	$F_{\text{воздуха}}, \text{м}^3/\text{ч}$	$F_{\text{сырья}}, \text{м}^3/\text{ч}$	$C_{\text{CH}_4}, \%$	$T_{\text{выхода}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{перевала}}, ^\circ\text{C}$
Первый эксперимент	297	0,93	9,272	38,85	50	331,3	641,7
Второй эксперимент	↑309	0,93	9,272	38,85	50	↑344,3	↑645,1
Третий эксперимент	297	↑0,97	9,272	38,85	50	↑332,9	↑654,8
Четвертый эксперимент	297	0,93	↓8,9	38,85	50	↑332	↑645
Пятый эксперимент	297	0,93	9,272	↓37,3	50	↑333,1	↑642
Шестой эксперимент	297	0,93	9,272	38,85	↑90	↑337,5	↑689,1
Седьмой эксперимент	↑309	↑0,97	↓8,9	↓37,3	↑90	↑355,7	↑711,1

1.2 Реализация модели в виде программного имитатора в SimInTech

SimInTech предназначен для детального исследования и анализа нестационарных процессов в различных объектах управления. Разработка математических моделей и алгоритмов управления в SimInTech происходит в виде структурного проектирования логико-динамических систем, описываемых во входо-выходных отношениях, в виде систем обыкновенных дифференциальных уравнений и/или дифференциально-алгебраических уравнений.

Исследования влияния технологических параметров печи П-101 указывают на применение передаточных функций вида апериодического звена первого порядка. В качестве моделей выбираем систему параллельно соединенных инерционных звеньев первого порядка и звеньев запаздывания.

$$W = K \frac{1}{Ts+1} e^{-\tau s} \quad (1.1)$$

где K – коэффициент усиления модели;

T – постоянная времени инерционного звена;

τ – «чистое» запаздывание модели.

Запишем уравнения статики в общем виде:

$$\Delta y = K \Delta x, \quad (1.2)$$

где Δy – приращение выходной величины конкретно для данного входного параметра;

K – коэффициент усиления;

Δx – приращение входной величины.

В нашем случае температура на выходе печи будет равна сумме приращений температур от каждого входного параметра и температуре на выходе печи в начальный момент времени.

Уравнение статики для температуры выхода печи:

$$T_{\text{вых}} = K_1 \Delta T_{\text{вх}} + K_2 \Delta F_{\text{топливо}} - K_3 \Delta F_{\text{воздух}} - K_4 \Delta F_{\text{вх}} + K_5 \Delta C_{\text{CH}_4} + T_0, \quad (1.3)$$

где $T_0 = 331,3 \text{ } ^\circ\text{C}$ – температура выхода печи в начальный момент времени,

K_n – коэффициент усиления.

Коэффициент усиления рассчитывается как отношение приращений выходной величины к входной величине для каждого входного параметра:

$$K_1 = \frac{\Delta T_{\text{вых}}}{\Delta T_{\text{вх}}} = \frac{13^\circ\text{C}}{12^\circ\text{C}} = 1,083 \frac{^\circ\text{C}}{^\circ\text{C}},$$

$$K_2 = \frac{\Delta T_{\text{вых}}}{\Delta F_{\text{топливо}}} = \frac{1,6^\circ\text{C}}{0,04 \text{ м}^3/\text{ч}} = 40 \frac{^\circ\text{C}}{\text{м}^3/\text{ч}},$$

$$K_3 = \frac{\Delta T_{\text{вых}}}{\Delta F_{\text{воздух}}} = \frac{0,7^\circ\text{C}}{0,372 \text{ м}^3/\text{ч}} = 1,882 \frac{^\circ\text{C}}{\text{м}^3/\text{ч}},$$

$$K_4 = \frac{\Delta T_{\text{вых}}}{\Delta F_{\text{вх}}} = \frac{1,8^\circ\text{C}}{1,55 \text{ м}^3/\text{ч}} = 1,161 \frac{^\circ\text{C}}{\text{м}^3/\text{ч}},$$

$$K_5 = \frac{\Delta T_{\text{вых}}}{\Delta C_{\text{CH}_4}} = \frac{6,2^\circ\text{C}}{40\%} = 0,155 \frac{^\circ\text{C}}{\%}.$$

Уравнение статики для температуры перевала печи:

$$T_{\text{перевал}} =$$

$$K_6 \Delta T_{\text{вх}} + K_7 \Delta F_{\text{топливо}} - K_8 \Delta F_{\text{воздух}} - K_9 \Delta F_{\text{вх}} + K_{10} \Delta C_{\text{CH}_4} +$$

$$T_0 \quad (1.4)$$

где $T_0 = 641,7 \text{ } ^\circ\text{C}$ – температура перевала печи в начальный момент времени,

Коэффициенты усиления для перевала печи были рассчитаны аналогично температуре выхода печи.

В таблице 1.2 представлены параметры переходных кривых (постоянная времени и время запаздывания), полученных в п. 1.1. Строгая математическая модель, построенная в UniSim Design, дала результат, где нет времени запаздывания. Обычно в инерционных звеньях $\frac{\tau}{T} = 0,2 \dots 0,8$. Поэтому вводим значение запаздывания $0,5 \cdot T$.

Таблица 1.2 – Полученные данные экспериментов

Название эксперимента	$T_{\text{вых}}$		$T_{\text{перевал}}$	
	T, мин	τ , мин	T, мин	τ , мин
Первый эксперимент	–	–	–	–
Второй эксперимент	4	2	6	3
Третий эксперимент	6	3	2	1
Четвертый эксперимент	6	3	4	2
Пятый эксперимент	4	2	4	2
Шестой эксперимент	10	5	3	1,5
Седьмой эксперимент	4	2	2	1

Имея структуру и параметры передаточных функций, составим имитационную модель в SimInTech.

Полученная модель представлена на рисунке 1.2.

Повторили седьмой эксперимент, выполненный в UniSim Design, в среде SimInTech. Изменили все входные параметры печи на 4 % и получили следующие результаты (рисунки 1.3 и 1.4):

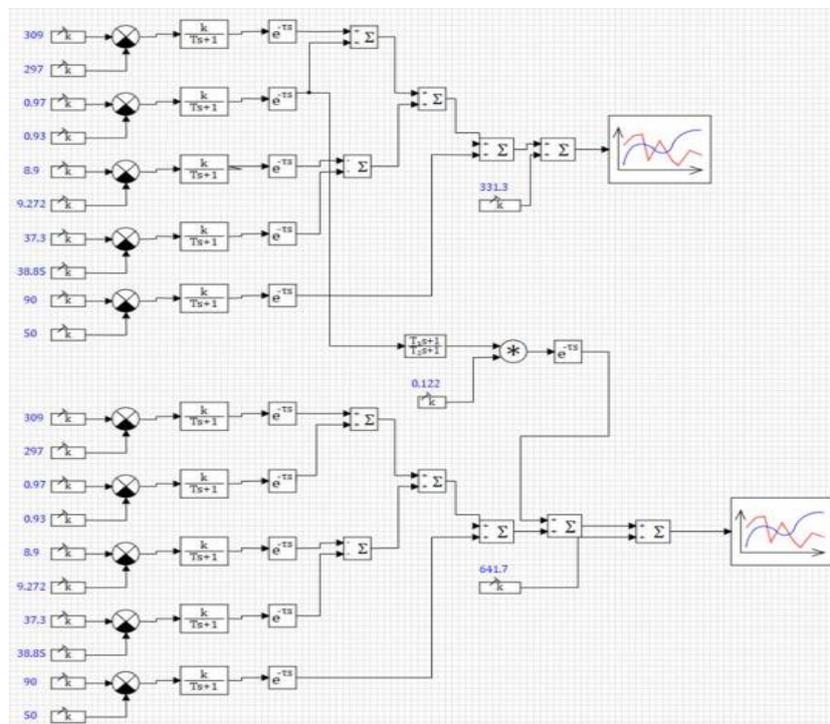


Рисунок 1.2 – Имитационная модель печи

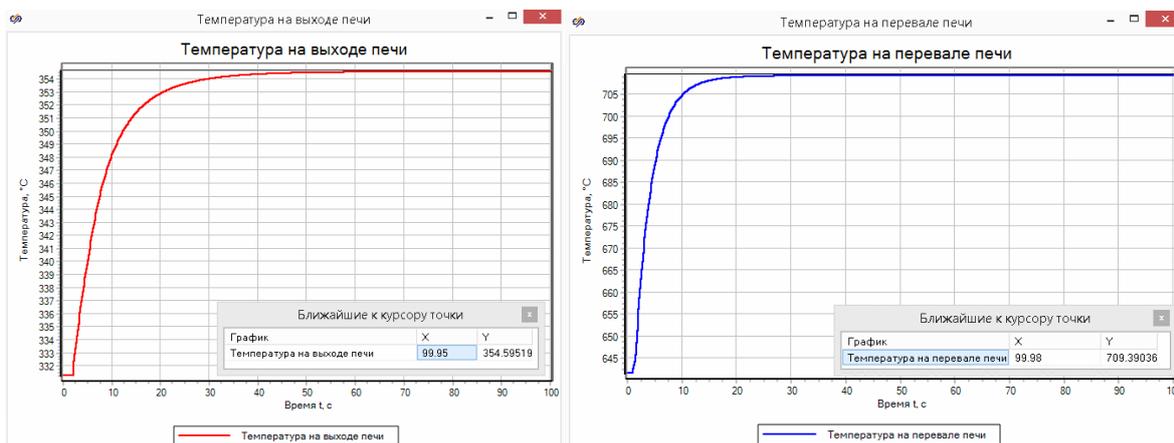


Рисунок 1.3 – Переходная кривая температуры на выходе и перевале печи в зависимости от времени

Сравним полученные результаты установившихся значений температур на выходе и перевале печи в UniSim Design и SimInTech .

Температура на выходе печи, полученная в SimInTech 354,595 °С.

Температура на выходе печи, полученная в UniSim Design 355,700 °С.

Погрешность ~ 0,31 %.

Температура на перевале печи, полученная в SimInTech 709,390 °С.

Температура на перевале печи, полученная в UniSim Design 711,100 °С.

Погрешность ~ 0,24 %.

Заключение

Для построения модели технологического объекта были последовательно использованы программные продукты UniSim, SimInTech в связи с недостаточностью или отсутствием информации о поведении объекта, его статических и динамических характеристиках.

В результате выполнения работы была воссоздана в UniSim Design печь блока предварительной очистки бензина установки типа «Жекса». Были получены переходные кривые процесса и по ним определены параметры передаточных функций каналов передачи воздействий. Построена имитационная модель в SimInTech и проверена ее адекватность.

Список литературы

- 1 Аязян, Г.К. Методическое руководство «Исследование линейной автоматической системы регулирования» / Г.К. Аязян. – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 1981. – 11 с.
- 2 Среда динамического моделирования SimInTech [Электронный ресурс].– URL: <https://simintech.ru/> (дата обращения 24.03.2022).
- 3 Шарафутдинов, А.А. Совершенствование оценки эффективности совместной тренажерной подготовки персонала объектов ТЭК и личного состава пожарной охраны / А.А. Шарафутдинов. – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2016. – 149 с.
- 4 UniSim Design Suite Hydroprocessing Reactors Edition [Электронный ресурс].– URL: <https://www.honeywellprocess.com/library/marketing/notes/UniSim-DesignHydroprocessing-Reactor-PIN.pdf> (дата обращения 24.03.2022).

СЕКЦИЯ №12.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00)

СЕКЦИЯ №13.

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00)

СЕКЦИЯ №14.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00)

ПОВЫШЕНИЕ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ СИСТЕМ МНОГОКАНАЛЬНОЙ РАДИОСВЯЗИ НА ОСНОВЕ УПРАВЛЕНИЯ ДИАГРАММОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ СЛОЖНЫХ АНТЕНН

Кочетков В.А., Шаповалов Я.Д., Солдатиков И.В.

Академия ФСО России, РФ, г. Орел

Анализ способов повышения помехозащищенности средств многоканальной радиосвязи (МКРС) [1,4,6], показывает, что одним из перспективных направлений является применение методов пространственно-временной обработки сигналов (ПВОС) на основе использования высоконаправленных сканирующих или многолучевых антенн.

Применение на полевых и стационарных (контейнерных) средствах МКРС фазированных антенных решеток (ФАР), сканирующих однолучевых зеркальных, линзовых антенн сопряжено со сложностью выполнения таких системных требований как мобильность и устойчивость при их реализации. Основными недостатками перечисленных антенн являются большие размеры апертур, ухудшение параметров диаграммы направленности (ДН) при ее отклонении, значительные энергетические потери, связанные с процессом сканирования, большие массогабаритные показатели. Реализация методов ПВОС может быть осуществлена за счет применения гибридных зеркальных антенн (ГЗА), представляющих собой сложные системы, состоящие из фокусирующего зеркала и малоэлементной антенной решетки (АР) [7].

В настоящее время наиболее полно исследованы и внедрены в комплексы радиосвязи алгоритмы управления ДН для ФАР. Сканирование ДН таких антенных систем позволяет получать энергетические выигрыши в помехозащищенности за счет увеличения коэффициента усиления антенн, в ряде случаев ослаблять взаимные влияния различных радиотехнических систем, работающих в общем диапазоне частот, т.е. обеспечивать их электромагнитную совместимость. В практической реализации наибольшее распространение (особенно на средствах спутниковой связи) получили адаптивные ФАР, которые можно рассматривать как динамический пространственно-временной фильтр с меняющейся характеристикой направленности в зависимости от сигнально-помеховой обстановки. Наиболее полно задачи управления ДН рассматриваются на примере приемной ФАР, обобщенная структурная схема системы управления ДН которой приведена на рис. 1.

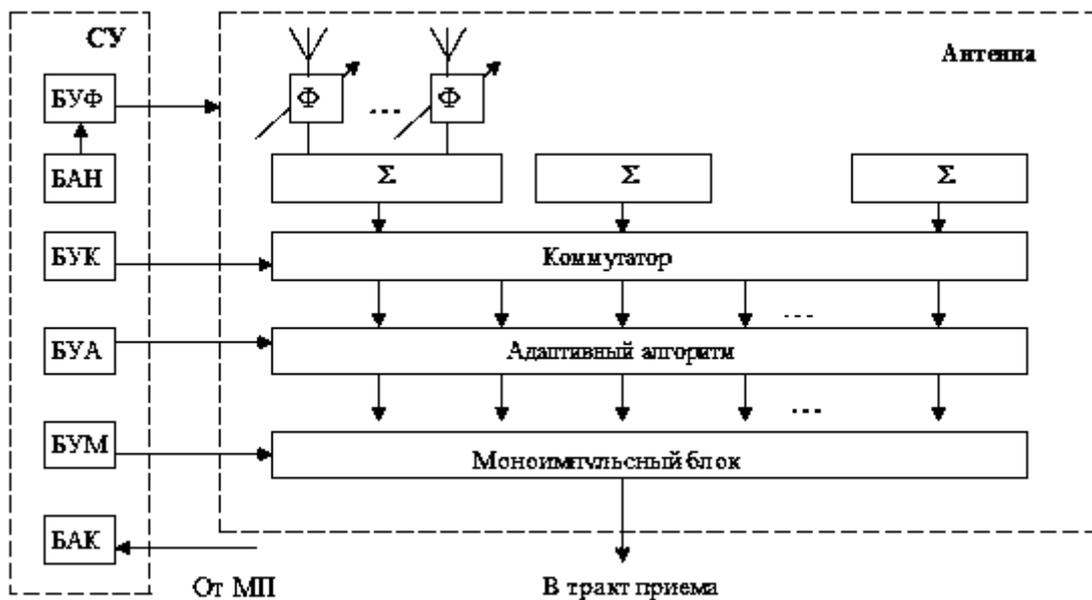


Рис. 1. Структурная схема приемной ФАР и системы управления ее ДН:

СУ – система управления; БУФ – блок управления фазовращателями; БАН – блок автоматической настройки; БУК – блок управления коммутатором; БУА – блок управления адаптацией; БУМ – блок управления моноимпульсной обработкой сигналов; БАК – блок автоматического контроля параметров СУ; Φ – фазовращатель; МП – микропроцессор.

Излучатели АР с фазовращателями и аттенюаторами объединены в подрешетки. Число элементов таких антенных систем может достигать несколько десятков тысяч и более, число подрешеток – несколько десятков или сотен. В формировании ДН в заданном направлении участвует только рабочая зона поверхности всей АР. Причем, чем меньше подрешеток входит в данную область, тем меньше возможности адаптации – пространственной фильтрации помех. С другой стороны, чем больше подрешеток входит в рабочую зону ФАР, тем сложнее и объемнее коммутатор. С учетом данных противоречий число подрешеток в рабочей области колеблется в широких пределах (5..50) [7]. Число зон (кластеров), формирующих парциальные ДН, как правило, ограничено. При этом каждая из них обеспечивает сканирование "лучом" в определенном секторе, обычно не превышающим $\pm(15...30^\circ)$ от равносигнального направления.

Коммутатор служит для проключения в каналы последующей обработки подрешеток, которые формируют кластер антенной решетки на основе управляемых сигналов, вырабатываемых в блоке управления коммутатором (БУК). На вход блока управления фазовращателями (БУФ) подается сигнал направления фазирования, представляющий собой значения направляющих косинусов главного лепестка ДН, от микропроцессора. В соответствии с этим сигналом вырабатываются коды, поступающие на фазовращатели.

Одним из существенных недостатков многолучевых ФАР является их большая структурная сложность, которая при различных внешних воздействиях (ветер, влияние осадков и т. д.) приводит к изменению положения направления максимума ДН в пространстве. Для удержания параметров ДН в заданных пределах возникает необходимость автоматической настройки весовых коэффициентов в каналах излучателей АР на основе анализа информации о геометрии и компоновке ФАР, внешних воздействий, направлении главного максимума. Эти функции выполняет блок автоматической настройки (БАН).

Повышение помехозащищенности систем радиосвязи с ФАР осуществляется на основе методов и алгоритмов адаптации. В результате реализации адаптивных алгоритмов управления параметрами ДН амплитудно-фазовое распределение на поверхности ФАР изменяется так, чтобы значительно (до 20-50 дБ) ослабить прием помех, сохранив при этом приемлемый уровень полезного сигнала в направлении главного максимума ДН. В результате адаптации появляются минимумы или “провалы” ДН в направлениях на помехи. Анализ результатов исследования адаптивных алгоритмов управления ДН ФАР [1, 7], показывает, что в большинстве случаев применяется амплитудно-фазовая адаптация. В отличие от фазовой адаптации (только сдвиг фаз), при амплитудно-фазовой каждый канал АР разделяется на два квадратурных канала, при этом в каждом из них устанавливается управляемый аттенюатор с изменяемым коэффициентом усиления и фазовращатель, позволяющий изменять фазу в пределах $[0; 2\pi]$. Сигналы управления, поступающие на весовые устройства, формируются блоком управления адаптацией (БУА). Алгоритмы, в соответствии с которыми вырабатываются эти сигналы управления, зависят от полноты и наличия априорных сведений об источниках полезного сигнала и помех, от выбранного показателя качества адаптации и реализуемого критерия ПВОС.

Для одновременного формирования n -го количества парциальных ДН используется принцип моноимпульсной обработки сигналов в многоканальной антенной системе. С этой целью в каждый канал АР устанавливают по n расщепляющих фазовращателей. Сдвиги фаз на них изменяются при смене направлений фазирования внутри одного кластера. В этом случае, становится необходимым реализация управления данными фазовращателями, которое осуществляет блок управления моноимпульсной обработкой сигналов (БУМ).

Описанная обобщенная схема управления ДН ФАР, является далеко не единственной, однако, позволяет определить основные этапы управления, реализуемого для изменения параметров характеристики направленности таких сложных антенн.

Реализация алгоритмов управления параметрами ДН в зеркальных антеннах предполагает изменение амплитудно-фазового распределения (АФР) поля электромагнитной волны в раскрыве АР, расположенной не в точке фокуса, а в некоторой зоне – фокальной области зеркальной антенны. При этом изменение АФР поля достигается с помощью электронно-управляемого делителя мощности, который и перемещает луч в пространстве. В отличие от ФАР, ГЗА обладают значительным усилением, так как используют рефлектор больших геометрических размеров ($20-60\lambda$), и в то же время они экономичнее АР, применяемых для решения аналогичных задач, так как облучающая решетка в фокальной области ГЗА значительно меньше (состоит из 25–35 излучателей, позволяющих сканировать ДН в широких пределах) [3].

При разработке алгоритмов управления ДН ГЗА необходимо решить две взаимосвязанные задачи:

- произвести анализ характеристик антенны с целью определения ее оптимальной компоновки (количество излучателей, требуемый закон АФР, геометрия рефлектора);
- разработать алгоритм управления сканированием ДН ГЗА, позволяющий по заданному закону изменять АФР поля на раскрыве рефлектора и реализуемый электронно-управляемым делителем мощности, который изменяет АФР в раскрыве облучающей решетки.

Анализ даже декомпозированной задачи управления характеристикой направленности многолучевой сложной антенны выявляет очевидные сложности ее решения для многоэлементных антенн. Трудности ее решения, во-первых, связаны с численными расчетами характеристик излучения, проведение которых требует больших вычислительных затрат из-за необходимости суммирования по апертуре парциальных распределений полей от каждого из N излучателей АР. Во-вторых, сложности обусловлены дороговизной, большим объемом и

разнообразием элементной базы подобных систем (аттенюаторы, фазовращатели, сумматоры и др. СВЧ элементы).

Учет особенностей ГЗА, выявленных при определении ее параметров, вариантов компоновки и геометрии, позволяет решать задачи управления ДН такой антенны путем ее упрощения за счет уменьшения количества излучающих элементов в облучающей зеркало решетке. Структурная схема системы управления ДН ГЗА представлена на рис. 2 [2].

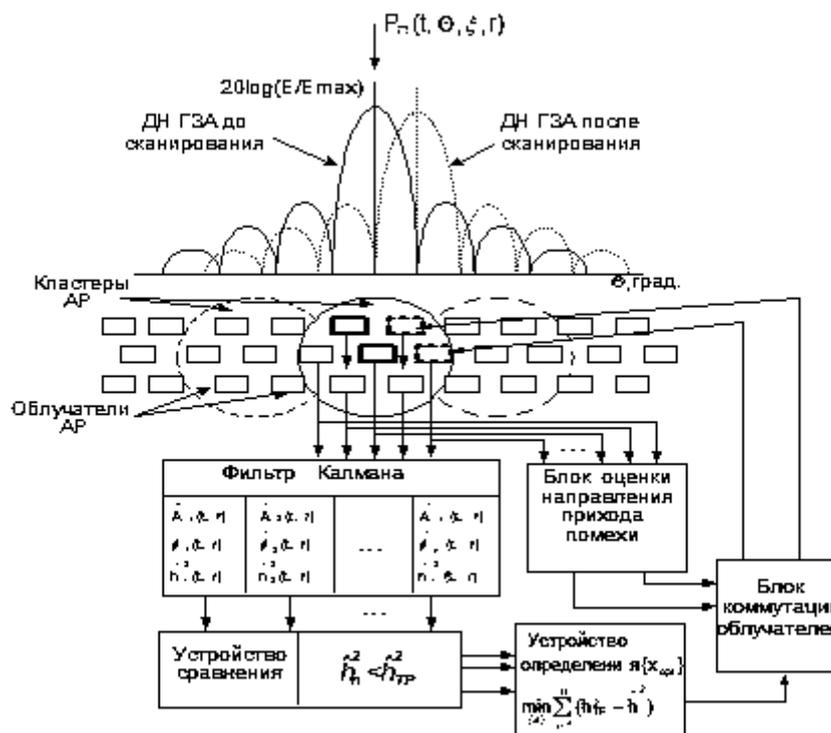


Рис. 2. Структурная схема управления ДН ГЗА

Для управления сканированием диаграммы направленности ГЗА необходимо иметь оценки амплитудно-фазового распределения поля плоской электромагнитной волны на раскрыве облучателей АР в фокальной области и направления прихода помеховых сигналов $P_n(t, r)$. С целью получения оценок амплитуды и фазы поля плоской волны может использоваться устройство линейной фильтрации, например, фильтр Калмана [5]. Определение углов прихода мешающих сигналов осуществляется на основе методов геометрической оптики. Формирование ДН осуществляется с помощью кластерной группы. Количество облучателей в кластере может изменяться в зависимости от сектора сканирования ДН ГЗА. Сканирование ДН ГЗА осуществляется в секторе азимутальных и угломестных углов (ξ, Θ) , при котором сохраняются такие параметры характеристики направленности антенны как ее крутизна, уровень первых боковых лепестков, ширина диаграммы направленности по уровню половинной мощности при ее отклонении.

Математически показатель качества функционирования ГЗА, как устройства, реализующего обработку радиосигналов в высокочастотных трактах средств МКРС, можно записать в следующем виде:

$$Q = \min_u \sum_i^n (h_{TP}^2 - h_i^2)^2, \quad (1)$$

где h_{TP}^2 – требуемое ОСШ на входе приемника средства МКРС; h_i^2 – значение ОСШ на выходе АР, вычисленное на основе полученных фильтром Калмана оценок амплитуды пространственно-временного сигнала; i – номер излучателя АР ГЗА; n – количество излучателей; u – управляющее воздействие.

Управляющее воздействие на линейную часть ГЗА формируется в результате выявления разности между текущим значением показателя качества h_i^2 и его требуемым значением h_{TP}^2 . Задачи типа (1) относят к классу задач на удержание системы в некоторой области требуемого значения показателя качества и для их решения используют методы математического программирования. В силу линейного характера функционала (1) можно использовать методы линейного (целочисленного) программирования для определения минимума целевой функции.

Целевая функция при решении данной задачи имеет вид:

$$z = \min_u \sum_i^n (h_{TP}^2 - h_i^2) \cdot x_i, \quad (2)$$

где x_i – состояние излучателя АР: "включен" – 1, "выключен" – 0.

Набор чисел (u), удовлетворяющий системе линейных уравнений (2), можно назвать программой управления, которой соответствует определенное значение критерия (1).

Анализ системы управления диаграммой направленности ГЗА (рис. 2) показывает, что она состоит из линейного фильтра, реализующего текущую оценку состояния объекта управления (ГЗА) в случайной среде функционирования и оптимального регулятора, использующего текущие оценки состояния данного объекта, т.е. амплитуды поля плоской волны и углов прихода помеховых сигналов. Рассмотренная система управления сканированием позволяет изменять положение всей диаграммы направленности ГЗА в случае воздействия преднамеренных или случайных помех по главному лепестку ДН.

Однако, следует иметь в виду, что при формировании отклоненной ДН, если не принять специальных мер по минимизации фазовых ошибок, возникающих при "вынесении" группового облучателя из точки фокуса рефлектора, возможно ухудшение таких характеристик всей антенной системы как КНД и коэффициент усиления. Реализация таких специальных мер в ГЗА достигается за счет оптимального, по критерию максимума плотности лучевого потока плоской волны в фокальной области, размещения излучателей облучающей антенной решетки и их компоновки и подробно рассмотрена в [2].

Таким образом, проведенный анализ подходов к реализации управления сложными многолучевыми антеннами в системах многоканальной радиосвязи показал, что на нынешнем этапе развития таких антенных систем нашли широкое применение адаптивные алгоритмы управления ДН и алгоритмы, реализующие периодическое изменение параметров АФР поля на раскрыве антенны. В результате реализации адаптивных алгоритмов управления характеристики антенны приспосабливаются (оптимизируются) в процессе работы к меняющимся внешним условиям. При этом в антенную систему входит не только система обработки высокочастотного сигнала, но и система управления лучом. В результате адаптации в ДН адаптивной антенны может формироваться один или несколько глубоких провалов в направлении прихода помех. При реализации алгоритмов управления динамическими антеннами на основе ГЗА могут изменяться амплитудное или фазовое распределение поля в раскрыве, линейные размеры антенны, время включения отдельного элемента решетки и т.д. Периодическое изменение параметров позволяет сканировать луч в пространстве и формировать заданные параметры характеристики направленности антенны.

Применение сложных антенных систем, реализующих рассмотренные подходы по управлению диаграммой направленности, позволяют получать энергетические выигрыши до десятков децибел в

помехозащищенности средств многоканальной радиосвязи в процессе их функционирования в условиях различной сигнально-помеховой обстановки.

Список литературы

1. Адаптивные антенные решетки. Учеб. пособие в 2-х частях. Часть 2. / В. А. Григорьев, С.С. Шесняк, В.Л. Гулюшин и др. / под общ. ред. В.А. Григорьева. – СПб: Университет ИТМО, 2016. – 118 с.
2. Архипов Н.С., Кочетков В.А., Тихонов А.В. и др. Многолучевая неапланатическая гибридная зеркальная антенна // Патент РФ на изобретение № 2181519 от 14.05.2001 г., Бюллетень № 11. – Москва: ФИПС, 2002 г.
3. Архипов Н.С., Кочетков В.А. Фильтрация сигналов в гибридных зеркальных антеннах // Сб. научных трудов ВИПС. Выпуск 10. – Орел: ВИПС, 2000. – С.40-53.
4. Зимин А.С., Криницкий Г.В. Применение многоантенных систем для повышения помехозащищенности систем спутниковой радионавигации на подвижных объектах // Электронный журнал "Труды МАИ". Вып. 51. 2012. (www.mai.ru/science/trudy/2012-51.pdf, Дата обращения 10.04.2022 г.).
5. Кочетков В.А., Чуев А.В. Результаты моделирования процесса оценивания амплитуды специального пространственно-временного сигнала на основе калмановской фильтрации // Сб. научных трудов КЦ ТПУ. – Томск, 2001. – Вып.2. – С. 38-43.
6. Куприц В.Ю., Шарыгин Г.С., Школьный В.Н. Повышение помехоустойчивости автономной системы навигации космических аппаратов // Доклады ТУСУРа, № 3 (33), сентябрь 2014. – С. 22-26.
7. Шесняк С.С., Попов М.В. Адаптивные антенны. – С.-Пб.: ВИКВА им. А.Ф. Можайского, 1995. – 485 с.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ АНГИОСКОПИИ ДЛЯ АДРЕСНОЙ ДОСТАВКИ ЛЕКАРСТВ НАНОЧАСТИЦАМИ.

Сидоренко М. А., Петросьянц В. В.

кафедра Приборостроения, Дальневосточного федерального университета (ДВФУ), города Владивостока

Аннотация.

Рассмотрены различные способы создания наночастиц и выявлены наиболее подходящие для метода магнитной активации. Предложен усовершенствованный метод доставки лекарств с помощью магнитной активации наночастиц внутри организма. Предложена модернизация конструкции ангиоскопа, позволяющая генерировать постоянные и переменные поля внутри организма. Проведено исследование режимов работы устройства. Даны рекомендации по выбору материалов с учётом ограничений при инвазивном воздействии на активную зону.

Ключевые слова: магнитные наночастицы, адресная доставка лекарств, ангиоскопия, контролируемая магнитная активация.

Введение

Одной из проблем большинства современных препаратов является то, что введенное в организм традиционными способами лекарственное средство, распределяется в нем относительно равномерно, проникая не только в органы-мишени, где он должен проявить терапевтический эффект, но и в другие органы, где действие препарата может носить негативный характер. Также, при традиционном введении доза препарата значительно превышает терапевтическую, что усиливает негативный эффект.

По данным ВОЗ на 2022 год сердечно-сосудистые заболевания являются одними из лидирующих причин роста смертности и заболеваемости.

Использование свойств наночастиц в профилактике и лечении заболеваний сердечно-сосудистой системы может значительно расширить области применения лекарств. Объемы производства наночастиц в мире растут в связи с их широким применением. Существуют различные методы синтеза наночастиц: с использованием растений, созданием биоматриц на основе вирусоподобных частиц, восстановлением из солей, путём разложения металлов, культивированием бактерий и др. [6,15,16]. Основные преимущества наночастиц – низкая стоимость, короткое время получения и биологическая безопасность продукта [18].

Наибольший интерес вызывают следующие методы доставки: векторный, ультразвуковое разрушение липосом, а также использование магнитных свойств нанокапсул.

Вышеупомянутые способы применяются для доставки лекарств в необходимую зону. Однако векторный метод требует наличия двух активных веществ - лекарства и активатора, которые не должны перекрывать действия друг друга. Разрушение ультразвуком позволяет активировать лекарство адресно, но при этом отсутствует возможность контроля перемещения липосом по организму - частицы могут попасть в другую область, либо преодолеть необходимую область до активации. Использование магнитного поля позволяет удерживать и разрушать наночастицы, обладающие магнитными свойствами.

Благодаря их способности длительное время находиться в крови, удерживаться и активироваться магнитным полем, магнитные наночастицы [1] являются наиболее перспективным методом транспортировки лекарственных средств.

Аппаратная часть для реализации метода магнитной доставки находится либо на стадии разработки, либо применима к фиксированному участку тела с помощью имплантируемого устройства [13], либо для ограниченной области, с использованием дополнительных средств для перемещения наночастиц [2, 8, 1, 13, 17]. В настоящее время активно ведутся работы по использованию метода доставки лекарств с помощью наночастиц и управляемого магнитного воздействия [3, 4, 5, 11]. Перспективные технологии совмещают в себе несколько эффектов воздействия. Например эффекты, вызванные магнитным полем и механическими колебаниями, двумя компонентами магнитного поля разной частоты и интенсивности. Некоторые ограничения возникают за счёт глубины залегания артерий. Поэтому неинвазивные методы сохраняют главный недостаток – в районе сосудов вблизи сердца и на глубине более 1 см от поверхности тела воздействие магнитного поля будет неэффективно.

В ходе работы был проведён анализ существующего метода доставки лекарств с помощью наночастиц и магнитного удерживания и активации лекарств [19].

Суть метода заключается в локализации воздействия магнитного поля на биохимическую среду. Чередующееся магнитное поле стимулирует частицы, которые находятся в активной зоне. В статическом поле частицы способны удерживаться.

В диапазоне частот магнитного поля 50–700 кГц наночастицы способны интенсивно выделять тепло, что приводит к высвобождению препарата и последующего его воздействия на клетки.

В этой системе используется пара постоянных и переменных магнитов. Результаты моделирования показали, что размер пятна локализации зависит от квадрата увеличения расстояния между магнитами. Постоянные магниты с остаточной намагниченностью $\sim 1,2$ Тл могут обеспечить локализацию действия поля удержания частиц в области около $4 \times 8 \times 8$ мм³.

Важным фактором является то, что для нормального функционирования рассмотренного метода необходимо осциллирующее магнитное поле, а не вращающееся.

Метод и устройство адресной доставки лекарств.

Предложено дополнить инвазивную процедуру ангиоскопии чередующимися постоянным и переменным электромагнитными воздействиями на активную зону для доставки лекарств с помощью наночастиц. Генерируемое постоянное поле притягивает к себе наночастицы и удерживает их вблизи полюсов электромагнита, тем самым создавая активную зону. Активация наночастиц осуществляется за счёт переменного электромагнитного поля, заставляющего наночастицы вращаться, разрушаться и выделять лекарственные средства.

На рисунке 1 приведено схематическое изображение модернизированного устройства адресной доставки лекарств с помощью магнитных наночастиц.

Электромагнит расположен за видеокамерой на кожухе с диаметром 3 мм (ангиоскоп фирмы PAEDISCOPE, Германия). Магнитопровод выбран диаметром 0,5 мм. Между полюсами магнитопровода в зазоре создаётся активная зона, в которой накапливаются и активируются наночастицы. Обмотка намотана медным проводом диаметром 0,2 мм. Подводящие провода крепятся поверх или внутри кожуха ангиоскопа.

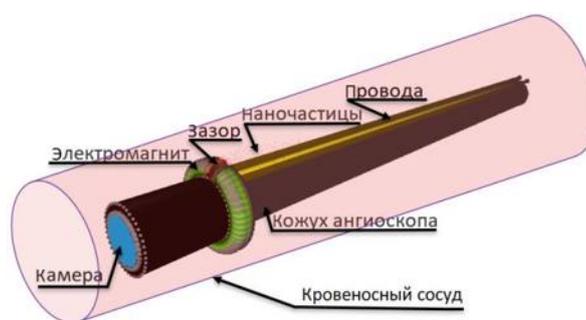


Рисунок 1. Схематическое изображение

Положение электромагнита в сосуде контролируется за счёт перемещений ангиоскопа.

В электромагните зазор ограничен размером 3 мм. Для локализации поля действия удержания частиц необходимо задавать напряженность поля от 0,2 до 0,7 Тл [19]. А для активации будет достаточно поля от 0,1 до 0,4 Тл в зависимости от размера области активации.

Исследование параметров и режимов работы устройства.

В связи с непосредственным контактом устройства с организмом необходимо учитывать предельно допустимые параметры (ПДУ): уровни воздействия для постоянного магнитного поля – 24 кА/м, а для переменного - 50 А/м [12]; температурные ограничения – перегрев не более 5 °С [9].

Расчётные значения параметров электромагнита с учётом размеров ангиоскопа: максимальная ширина зазора магнитопровода – 3 мм; максимальное количество витков обмотки магнитопровода – 38; предельные значения допустимых токов – 135 мА [13].

На рисунке 2 представлены зависимости постоянной магнитной напряженности $H_{пост}$ (а) и переменной магнитной напряженности $H_{перемен}$ (б) от действующего значения силы тока I для разной ширины зазора магнитопровода d при заданном ПДУ.

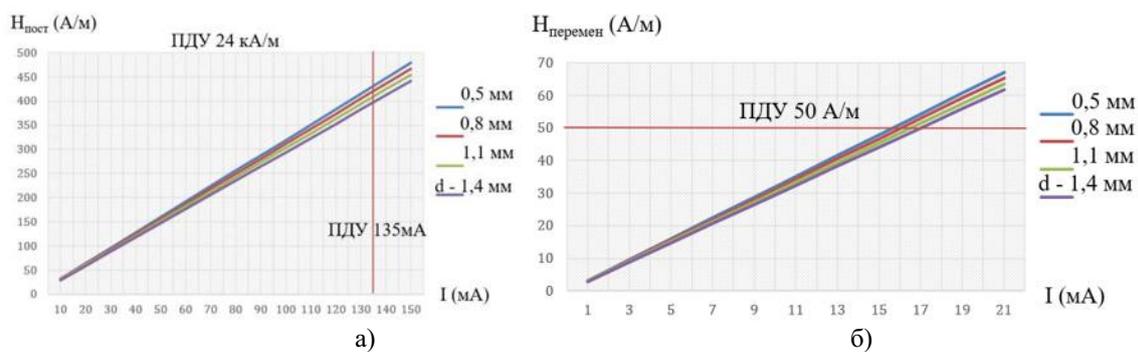


Рисунок 2

При постоянном токе электромагнита, с учётом ПДУ по току, (рисунок 2, а) значения магнитной напряженности поля не превышают допустимые уровни (24 кА/м). Из графика на рисунке 2, б можно определить предельное значение силы тока I в зависимости от выбранной ширины зазора d .

Графики на рисунке 2 могут использоваться как регулировочные характеристики.

Для эффективной активации наночастиц необходимо обеспечить высокое значение магнитной индукции. Но главным ограничителем при выборе материала сердечника электромагнита является тепловыделение [12]. В связи с этим, для сердечника электромагнита необходимо выбирать материалы, обладающие высокими значениями магнитной проницаемости и электрохимического КПД. Такими свойствами обладают аморфные стали [7].

На рисунке 3 представлена зависимость тепловыделения в сердечнике электромагнита от частоты для разных материалов сердечника, с учетом времени тепловыделения 5 секунд.



Рисунок 3

Для обеспечения нормального температурного режима работы (нагрев не более чем на $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ за весь период процедуры), как следует из рисунка 3, частота переменного поля электромагнита не должна превышать 60 кГц. В [19] рекомендуется частота не менее 50 кГц.

Выводы.

Исследование предложенного устройства адресной доставки лекарств магнитными наночастицами позволяет сделать следующие выводы: для обеспечения максимальной концентрации наночастиц в предложенной конструкции устройства величина зазора с учётом ПДУ не должна быть менее 0,5 мм, при этом максимальное значение силы тока не должно превышать 15 мА; для обеспечения нормального температурного режима работы в качестве материала сердечника следует выбирать материал метглас, при этом рабочая частота электромагнита не должна превышать 60 кГц.

Заключение

Приведены наиболее изученные способы синтеза наночастиц. Проведён анализ основных методов управления наночастицами. Предложен усовершенствованный метод и устройство адресной доставки лекарств магнитными наночастицами. Проведено исследование режимов работы предложенного устройства. Приведены зависимости, позволяющие выбирать конструктивные параметры и режимы работы устройства.

Перечень изученных источников:

1. Абакумов М.А. Магнитные наночастицы, стабилизированные сывороточным альбумином, в диагностике опухолей // ГБОУ ВПО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова». Москва. 2016. С 3.
2. Барышников А.Ю. Наноструктурированные липосомальные системы как средство доставки противоопухолевых препаратов // Вестник Российской академии медицинских наук. 2012. № 3. С. 5.
3. Головин Ю.И., Клячко Н.Л., Жигачев А.О. Способ и устройство для локального механического воздействия на биохимические системы, содержащие магнитные наночастицы. Россия. Патент с 2 2 713 375. 2020. Бюл. № 4.
4. Головин Ю.И., Самодуров А.А., Грибановский С.Л. Устройство для исследования воздействия низкочастотного магнитного поля на кинетику биомеханических процессов в биологических системах, содержащих магнитные наночастицы. Россия. Патент с 2 2 593 238. 2016. Бюл. № 22.
5. Головин Ю.И., Шуклинов А.В., Грибановский С.Л. Устройство для исследования воздействия комбинированного магнитного поля на кинематику биохимических процессов в биологических системах, содержащих магнитные наночастицы. Россия. Патент с 2 2 673 337. 2018. Бюл. № 33.
6. Горелкин П., Калинина Н., Лав А. Синтез наночастиц с использованием растений Выпуск / жур. наноиндустрия № 7. 2012. С 16-22.
7. Гусаков Д.В., Ямалов И.И., Каримов Р.Д. Применение аморфной стали для снижения потерь в магнитопроводе трансформаторов // Современные тенденции развития науки и технологий. № 1-2. 2017. С. 19-21.
8. Жукоцкий А.В., Филатов Н.Н., Савашинский С.И. Способ доставки наночастиц, предназначенных для транспортировки лекарственных веществ, в головной мозг млекопитающих через гематоэнцефалический барьер. Россия. Патент с 1 2 670 091. 2018. Бюл. № 29.
9. Изделия медицинские электрические. Часть 2-21. Частные требования безопасности с учетом основных функциональных характеристик к излучающим обогревателям для новорожденных – РТС-тендер// ГОСТ Р МЭК 60601. Часть 2-21. 2013.
10. Миткевич В.Ф. Физические основы электротехники// Москва. Изд. Стереотип. 2020. С. 512.
11. Никифоров В.Н. Биомедицинские применения магнитных наночастиц. // Наука и технологии в промышленности. №1. 2011. С. 90-99.
12. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность// СанПиН 2.1.3.2630-10. 2010.
13. Спичкин Ю.И., Пятаков А.П., Тишин А.М. Имплантируемое устройство, управляемое магнитное поле, и способ высвобождения из него лекарства. Россия. Патент с 2 2 563 387. 2015. Бюл. № 26.
14. Справочник машиностроителя // Москва. Изд. Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы. 1964. Том 5. С. 368-376.
15. Столяр С.В., Ладыгина В.П., Баюков О.А., Исаков Р.С. Способ приготовления металлических наночастиц железа Россия. Патент с 1 2 642 220. 2018. Бюл. № 3.

16. Aljabali A.A., Barclay J.E., Lomonosoff G.P., Evans D.J. Virus templated metallic nanoparticles. // *Nanoscale*. 2010. Vol.2. PP. 2596–2600.
17. Couvreur P., Villebon Y., Lakkireddy H. Functional PLA-PEG copolymers, the nanoparticles thereof, their preparation and use for targeted drug delivery and imaging. France. Patent 12305236.7. 2013. Bul. № 36.
18. Reddy L., Arias J.L., Nicolas J. Magnetic nanoparticles: design and characterization, toxicity and biocompatibility, pharmaceutical and biomedical applications // *Chemical Reviews*. №112 (11). 2012. PP. 8.
19. Zhigachev A.O., Golovin U.I., Klyachko N.L. A new physical method of localization of nanomechanical action of magnetic nanoparticles controlled by low-frequency magnetic field on mechanically sensitive biochemical systems // *Advanced materials and technologies*. №3. 2018. PP. 63-69.

СЕКЦИЯ №15.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00)

СЕКЦИЯ №16.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00)

КОМПЕТЕНЦИИ ФГОС РФ – ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КУРСА ЛЕКЦИЙ (НА ПРИМЕРЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ХИМИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ»)

Н.Р. Букейханов, С.И. Гвоздкова, Е.В. Бутримова, В.А. Мкртчян

ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», РФ, г. Москва

Система государственного управления в области природопользования и охраны ОС приведена на рис.1.

ПРЕЗИДЕНТ РФ		
Комиссия по правам человека при Президенте РФ	Межведомственная комиссия Совета безопасности по экологической безопасности	
Министерства, комитеты, ведомства	Республики, края, области, Москва и Санкт-Петербург	
Специально уполномоченные органы охраны окружающей среды		
Комплексные	Отраслевые	Функциональные
Минприроды Госсанэпидем служба Госгидромет МЧС	Росземкадастр Минсельхоз Минздрав Роскомрыболовство	Госатомнадзор Госгортехнадзор МВД

Рис. 1. Система органов государственного управления России в области природопользования и охраны окружающей среды

Становление и развитие в РФ отрасли переработки вторичных материальных ресурсов (ВМР) позволяет решать не только экологические проблемы в РФ, но дает стимул экономическому развитию новой отрасли в рамках программ импортозамещения и ресурсосбережения.

В рамках технологического университета рассмотрим систему инженерных методов разработки и эксплуатации малоотходных и безотходных производств – основы реального решения экологических проблем (рис. 2.).

Основные положения Федерального закона 458 – ФЗ "Об отходах производства и потребления":

- сокращение полигонного захоронения;
- введение принципа «Расширенная ответственность производителя»;
- запрет на захоронение на полигонах ценных фракций, которые могут быть переработаны;
- введение института регионального оператора;
- формирование схем территориального планирования (с учётом предприятий по переработке и отражением материальных потоков).

Основные методы ресурсосбережения дисциплины «Химические и биологические методы обеспечения безопасности» нами представлены в виде следующей схемы (рис. 2). Она также с соответствующими коррективами применима и для дисциплин: «Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности» и «Инженерные технологии управления потреблением ресурсов и отходами».

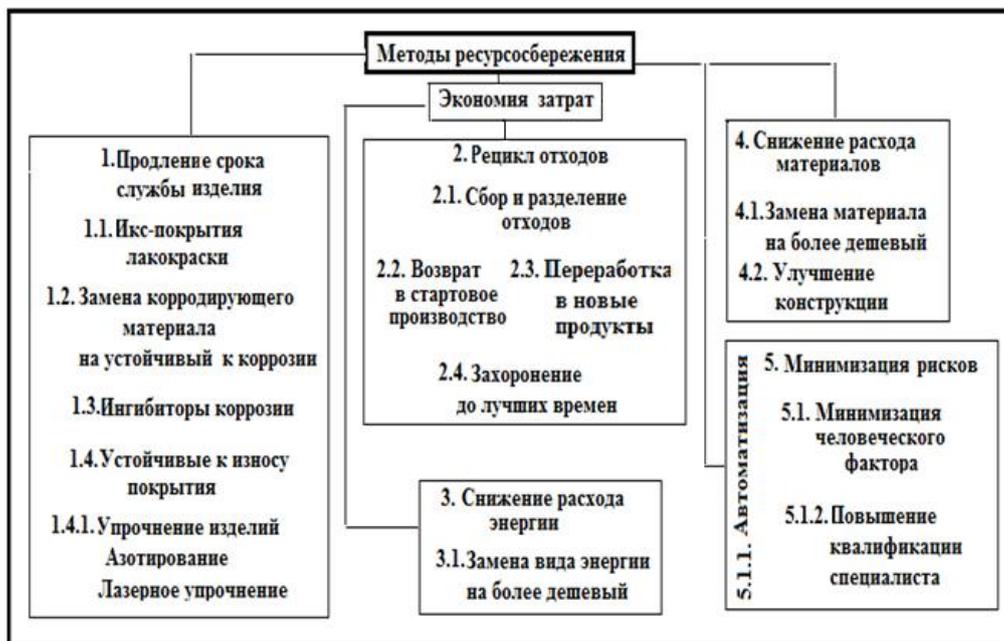


Рис. 2. Схема инженерных методов решения проблемы «Обеспечения экотехносферной безопасности»

В соответствии с требованиями ФГОС РФ о необходимости приобретения студентами компетенций управления (приложение №1) приведем компетенции ФГОС, определившиеся в ходе разработки проектов по дисциплине «Химические и биологические методы обеспечения безопасности», согласно которым студент:

УК-2. Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла:

УК-2.3. Организует и координирует работу участников проекта (команды) способствует конструктивному преодолению возникающих разногласий и конфликтов, обеспечивает работу команды необходимыми ресурсами;

УК-6. Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки:

УК-6.1. Определяет приоритеты своей деятельности, выстраивает и реализовывает траекторию саморазвития на основе мировоззренческих принципов;

ПК-6. Способен организовывать работы по разработке технологий изготовления машиностроительных изделий средней и высокой сложности, а также технологическому обеспечению их производства, осуществлять контроль за соблюдением технологической дисциплины, технической и экологической безопасности машиностроительных производств;

ПК-10. Способен определять сферы эффективного применения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и формировать новые направления научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области машиностроения.

Структура связи между приведенными выше компетенциями нами представлена на рис.3.

В рамках выполнения работы по ВКР бакалавров и диссертаций магистрантов команда представлена группой (системой) «Научный руководитель, Консультант по экономической части – Студент». Очевидно, что в зависимости от уровня подготовки студента самостоятельная реализация освоения указанных компетенций возможна только при активной помощи со стороны научного руководителя и консультанта. Особенно это относится к компетенции ПК-10 (...«формировать новые направления...») предполагающих наличие у специалиста серьезного объема знаний и практических навыков в данной области исследований.

Современная система образования в рамках «Цифрового мира» реализует систему «Электронной образовательной среды», повышающую эффективность самостоятельной работы студента и ставшей основой технологии дистанционного образования. Соответственно содержание курсов лекций, практических, лабораторных занятий и работ по ВКР является основным материалом для электронной образовательной среды.



Рис.3. Схема сопряжения компетенций, необходимых для управления проектами химическими и биологическими методами обеспечения экотехносферной безопасности

Рациональное использование энергоносителей, экономия природных ресурсов и целесообразное распределение рабочих сил являются на сегодняшний день важными направлениями в развитии ведущих мировых и российских производств, а обостренная экологическая ситуация определяет актуальность поиска новых эффективных и экологически ориентированных технологий.

Рассмотрим вариант компетенции прогнозирования эффективности распространения определенной технологии на примере технологии капсулирования. Оно началось с фармацевтики.

Капсулирование (от лат. Capsula – коробочка), процесс заключения небольших количеств вещества в оболочку из плёнкообразующего материала с получением капсул, обладающих заданными свойствами. Капсулирование лекарственных веществ в желатиновые капсулы наиболее широко стали применять с середины 1930-х гг. Данный способ упаковки защищает вещества, находящиеся внутри капсулы, от действия внешней среды, маскирует вкус, запах, цвет, исключает потери летучих веществ, снижает пожароопасность, позволяет длительно хранить реакционноспособные, токсичные, радиоактивные или нестойкие вещества; в случае

лекарственных препаратов. Технология капсулирования оказалась привлекательной, о чем свидетельствует факт широкого спектра её использования в производстве:

- ** лекарственных, парфюмерных и косметических препаратов,
- ** ароматизирующих и других добавок к пищевым продуктам,
- ** кормов, удобрений, инсектицидов,
- **смазывающих материалов,
- **лакокрасочных материалов, клеев, герметиков, моющих, отбеливающих и чистящих средств,
- **самокопирующей бумаги, фотоматериалов и др.

Литература

- 1.Букейханов Н.Р., Чмырь И.М., Гвоздкова С.И., Бутримова Е.В., Кулизаде Д.И. Основы экотехносферной безопасности: учебное пособие [Н.Р. Букейханов и др.] – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021.–132 с.
- 2.Букейханов Н.Р., Гвоздкова С.И., Чмырь И.М., Бутримова О.В. Биометоды и биотехнологии: учебное пособие. М.: ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН», 2014. – 135с.
- 3.Одинцов А.В. Капсулирование гранул минеральных удобрений в композиционные оболочки: дисс. ... канд. техн. наук. - Иваново, 2010. – 130 с.
- 4.Пынькова Т.И. Ресурсосберегающая и экологически безопасная технология процесса капсулирования твердофазных и жидкофазных продуктов» // Дисс. ... канд. техн. наук. 2014 г.– 172 с.
5. Чмырь И.М., Букейханов Н.Р., Воробьев П.Б., Михайловская Т.П., Никишечкин А.П. Химические технологии, материалы в машиностроении. Учебное пособие. – М.: ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН», 2013. – 206 с.

СЕКЦИЯ №17.

ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12)

СЕКЦИЯ №18.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23)

СЕКЦИЯ №19.

НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08)

СЕКЦИЯ №20.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05)

СЕКЦИЯ №21.

МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 09.00.08)

ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2022 ГОД

Январь 2022г.

IX Международная научно-практическая конференция **«Актуальные вопросы технических наук в современных условиях»**, г. Санкт-Петербург

Прием статей для публикации: до 1 января 2022г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 февраля 2022г.

Февраль 2022г.

IX Международная научно-практическая конференция **«Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом»**, г. Новосибирск

Прием статей для публикации: до 1 февраля 2022г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 марта 2022г.

Март 2022г.

IX Международная научно-практическая конференция **«Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и новые решения»**, г. Екатеринбург

Прием статей для публикации: до 1 марта 2022г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 апреля 2022г.

Апрель 2022г.

IX Международная научно-практическая конференция **«Актуальные вопросы науки и техник»**, г. Самара

Прием статей для публикации: до 1 апреля 2022г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 мая 2022г.

Май 2022 г.

IX Международная научно-практическая конференция **«Проблемы и достижения в науке и технике»**, г. Омск

Прием статей для публикации: до 1 мая 2022г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июня 2022г.

Июнь 2022 г.

IX Международная научно-практическая конференция **«Вопросы технических наук: новые подходы в решении актуальных проблем»**, г. Казань

Прием статей для публикации: до 1 июня 2022г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июля 2022г.

Июль 2022 г.

IX Международная научно-практическая конференция **«Перспективы развития технических наук»**, г. Челябинск

Прием статей для публикации: до 1 июля 2022г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 августа 2022г.

Август 2022 г.

IX Международная научно-практическая конференция «**Технические науки в мире: от теории к практике**», г. **Ростов-на-Дону**

Прием статей для публикации: до 1 августа 2022г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 сентября 2022г.

Сентябрь 2022 г.

IX Международная научно-практическая конференция «**Современный взгляд на проблемы технических наук**», г. **Уфа**

Прием статей для публикации: до 1 сентября 2022г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 октября 2022г.

Октябрь 2022г.

IX Международная научно-практическая конференция «**Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития**», г. **Волгоград**

Прием статей для публикации: до 1 октября 2022г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 ноября 2022г.

Ноябрь 2022 г.

IX Международная научно-практическая конференция «**Новые технологии и проблемы технических наук**», г. **Красноярск**

Прием статей для публикации: до 1 ноября 2022г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 декабря 2022г.

Декабрь 2022 г.

IX Международная научно-практическая конференция «**Развитие технических наук в современном мире**», г. **Воронеж**

Прием статей для публикации: до 1 декабря 2022г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 января 2023г.

С более подробной информацией о международных научно-практических конференциях можно ознакомиться на официальном сайте Инновационного центра развития образования и науки www.izron.ru (раздел «Технические науки»).

ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE



Проблемы и достижения в науке и технике

Выпуск IX

**Сборник научных трудов по итогам
международной научно-практической конференции
(11 мая 2022 г.)**

г. Омск

2022 г.

Печатается в авторской редакции
Компьютерная верстка авторская

Издатель Инновационный центр развития образования и науки
(ИЦРОН), г. Нижний Новгород

Подписано в печать 10.05.2022.
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 2,81.
Тираж 250 экз. Заказ № 053.

Отпечатано по заказу ИЦРОН в ООО «Ареал»
603000, г. Нижний Новгород, ул. Студеная, д. 58.